

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y GEOGRAFÍA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA**



**EVALUACIÓN DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y
RESILIENCIA FRENTE A INCENDIOS FORESTALES EN
LA COMUNA DE QUIRIHUE, PROVINCIA DEL ITATA,
REGIÓN DE ÑUBLE.**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓGRAFO

Nicolás Hernán Navarrete Parra.

Profesora Guía: Dra. Edilia Jaque Castillo

Concepción, enero de 2022

TABLA DE CONTENIDOS

I. Introducción	8
1.1 Planteamiento del Problema	10
1.2. Preguntas de investigación	13
1.3. Hipótesis	13
1.4. Objetivos	13
1.4.1 Objetivo general:.....	13
1.4.2 Objetivos Específicos.....	13
II. Marco Teórico	14
2.1 Riesgo de desastres.....	14
2.1.1 Amenaza.....	16
2.1.2 Exposición	17
2.1.3 Vulnerabilidad	18
2.1.4 Resiliencia	20
2.2 Desastre.....	22
2.3 Instrumentos para la gestión del riesgo a nivel global.....	24
2.3.1 Marco de Hyogo 2005 – 2015	24
2.3.2 Marco de Sendai 2015 – 2030.	25
2.3.3 Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres 2020-2030.	27
2.4 Cambio Climático.....	28
2.5 Incendios forestales.....	31
2.6 Incendios forestales en Chile siglo XX y XXI.	32
2.7 Interfaz urbano forestal	34

III. Metodología	36
3.1 Enfoque metodológico del estudio.	36
3.2 Área de estudio.	36
3.4 Métodos y técnicas	38
3.5 Modelo de Amenaza ante incendios forestales.	39
3.5.1 Variables Naturales (Inflamabilidad, Insolación, Altitud).....	40
3.5.2 Variables Antrópicas (Usos de suelo y medio construido).....	42
3.6 Cartografía de Amenaza	43
3.7 Modelo de Evaluación de Vulnerabilidad y Resiliencia frente al riesgo.	43
3.7.1 Vulnerabilidad.....	44
3.7.2 Resiliencia	46
3.8 Zonificación de la amenaza a incendios forestales, puntos débiles en resiliencia.	47
IV. Resultados	48
4.1 Evaluación de amenaza de incendios forestales en la comuna de Quirihue.	48
4.1.1 Variables naturales.....	48
A) Inflamabilidad	48
B) Insolación	50
C) Altitud.....	52
4.1.2 Variables antrópicas.....	53
A) Medio Construido.....	53
B) Coberturas uso de suelo.....	55
4.2 Amenaza de incendios forestales en Quirihue.	56
4.3 Vulnerabilidad frente a incendios forestales en Quirihue.	58
4.3.1 Población dependiente	58
4.3.2 Nivel educacional de la población	58
4.3.3 Pobreza multidimensional	59
4.4 Resiliencia	61
4.4.1 Adaptación al riesgo de incendios forestales	61
4.4.2 Acciones de prevención frente a incendios forestales.....	62
4.4.3 Existencia de funcionarios capacitados en GRRD	62
4.4.4 Plan Regulador Comunal (PRC)	63
4.4.5 Zonificación del riesgo.....	63
4.5 Puntos débiles en resiliencia en la comuna	66
a) Sector Taimo	66
• Viviendas.....	66

•Educación	67
•Infraestructura de respuesta	67
b) Sector Manzanares	67
•Viviendas	68
•Educación	68
•Infraestructura de respuesta	68
c) Sector Suroriente, Ciudad de Quirihue	69
•Viviendas	70
•Infraestructura.....	70
4.6 Propuesta de plan de acción frente a incendios forestales.....	70
V. Discusión	73
VI. Conclusiones	76
7.1 Limitantes.....	78
VII. Referencias.	80

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de peligro NDVI e NDII.....	48
Tabla 2. Valores de inflamabilidad en calculadora ráster.....	50
Tabla 3. Factor Insolación, valor peligro.....	52
Tabla 4. Intervalos de altitud, valor de peligro	52
Tabla 5. Valor de peligro del medio construido en la comuna de Quirihue.	53
Tabla 6. Clasificación de usos de suelos según valor peligro	56
Tabla 7. Rango de valores de peligro de incendio forestal.	56
Tabla 8. Población de Quirihue por rango etario	58
Tabla 9. Matriz de evaluación de vulnerabilidad.....	60
Tabla 10. Matriz de evaluación de resiliencia	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Progresión en el número de incendios forestales en las últimas 10 temporadas en la región de Ñuble.....	11
Figura 2. Densidad de Incendios Forestales.....	11
Figura 3. Interacción fuego-vegetación.....	29
Figura 4. Comuna de Quirihue, región de Ñuble.	37
Figura 5. Diseño metodológico para el modelo de amenaza de incendio forestal.....	40
Figura 6. Índice de vegetación normalizada (NDVI) e índice de infrarrojo normalizado (NDII) reclasificado para la comuna de Quirihue.	49
Figura 7. Factores topográficos.....	51
Figura 8. Cartografía altitud, comuna de Quirihue.....	53
Figura 9. Cartografía Medio Construido, comuna de Quirihue.....	54
Figura 10. a) Cartografía usos de suelo CONAF y b) Coberturas reclasificadas en base a Etxeberria, 2002.	55
Figura 11. Cartografía amenaza de incendio forestal, comuna de Quirihue.....	57
Figura 12. Promedio años de escolaridad en la comuna de Quirihue, región de Ñuble y a nivel nacional.	59
Figura 13. Pobreza por ingresos y multidimensional.	59
Figura 14. Organigrama institucional del riesgo.....	61
Figura 15. Sector Taimo, Comuna de Quirihue.	66
Figura 16. Sector Manzanares, Comuna de Quirihue	68
Figura 17. Sector Interfaz Urbano-Forestal, Ciudad de Quirihue, Comuna de Quirihue. ...	69

RESUMEN

En los últimos años, los incendios forestales se han convertido en fenómenos frecuentes en la zona mediterránea de Chile, especialmente durante la época estival, su potencialidad de desastre ha supuesto para el país la necesidad de fortalecer las políticas de reducción del riesgo de desastres, dado su impacto en la degradación ambiental, la pérdida de vidas y de bienes.

La presente investigación aborda la amenaza, vulnerabilidad y resiliencia frente a incendios forestales, en la comuna de Quirihue, Región de Ñuble. Un territorio caracterizado por una actividad silvícola dominante con más de un 59% de la superficie comunal, que ha sufrido eventos de incendios forestales importantes en la última década, siendo los más significativos, aquellos ocurridos durante el verano 2016-2017, hito que hizo que CONAF considerara a Quirihue una comuna de alta prioridad de protección frente a Incendios Forestales en la región de Ñuble. En este contexto utilizamos una adaptación del modelo de Etxeberría *et al* (2002), para la evaluación de la amenaza de incendio forestal; unido a ello evaluamos las vulnerabilidades y resiliencia ante esta amenaza, usando datos abiertos del Censo 2017, Casen 2017, 2020 y archivos municipales.

Nuestro estudio evidenció que la comuna de Quirihue, posee un 28% de su territorio con amenaza alta, un 30% con amenaza media y 28% con amenaza baja. Además toda la comuna presenta un alto nivel de vulnerabilidad y una débil resiliencia que aumenta la incertidumbre frente a incendios forestales. Ante este escenario se muestran zonas amenazadas y frágiles frente a incendios forestales, que corresponden al sector Taimo, Manzanares y el interfaz urbano forestal del centro urbano de Quirihue. En este sentido se logra evidenciar en esta comuna, una gestión inadecuada del riesgo de incendio, centralizada, con poca preparación y enfocada a la emergencia. Finalmente destacamos la necesidad de reducir el riesgo a través de la disminución de las vulnerabilidades, la innovación en la gestión y monitoreo del riesgo para la elaboración de una planificación territorial futura que permita la construcción de sociedades preparadas y robustas en resiliencia.

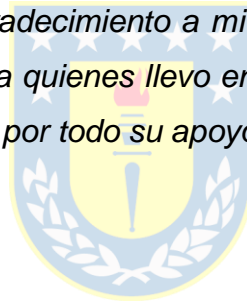
Palabras claves: incendios forestales, gestión del riesgo, amenaza, vulnerabilidad, resiliencia.

AGRADECIMIENTOS

Un profundo agradecimiento a todas las personas que formaron parte de mi formación académica durante la carrera, alumnos, profesores, auxiliares, funcionarios de la municipalidad de Quirihue y al cuerpo de bomberos. Mención especial a mi profesora guía, Dra. Edilia Jaque Castillo, por su paciencia y excelente disposición en este recorrido.

Muchas gracias a mis amigos por guiarme también en este proceso, por su apoyo incondicional, palabras de aliento, compañía y constante preocupación.

Un especial agradecimiento a mi familia, en especial a mi madre, padre y abuela a quienes llevo en lo más profundo de mi corazón, muchas gracias por todo su apoyo y por enseñarme a vivir.



I. Introducción

En los últimos años, el planeta está experimentando un fenómeno global definido por la comunidad científica como “Cambio Climático” (CC) al que se asocian una serie de eventos que han constituido desastres naturales y relacionados a actividades humanas a escala global (UNDRR (GAR), 2019). El riesgo ha aumentado a medida que las sociedades evolucionan tecnológicamente y sobrepasan los paradigmas antiguos de organización social, todos los fenómenos naturales a partir del avance tecnológico, se han incrementado en recurrencia, magnitud y severidad (Beck, 2002).

En Chile, como en gran parte del mundo, el fenómeno del cambio climático ha marcado su presencia en los indicadores meteorológicos. Somos un país especialmente sensible a los efectos del Cambio Climático, debido a que contamos con áreas de borde de baja altura, zonas áridas, semiáridas, es un país propenso a los desastres naturales, zonas de sequía y desertificación, zonas urbanas con serios problemas de contaminación, ecosistemas frágiles y zonas con cobertura forestal expuestas al deterioro (MMA, 2014). El cambio climático en nuestro país que se ha manifestado como oscilaciones de temperaturas, la disminución de las precipitaciones a nivel país y la ocurrencia de eventos climáticos extremos, en un estudio de CONAMA (2006) que analiza la variabilidad climática del país, para el siglo XXI, se ha documentado que las temperaturas y las precipitaciones presentan cambios importantes; por ejemplo se estimó para la zona-sur del país, una disminución importante en las precipitaciones, sumado a una variación de la temperatura en razón de un alza de 2 a 4°C, debido al fenómeno del cambio climático, se ha observado también una mayor tasa de mortalidad arbórea que ha contribuido al aumento de la temperatura y al déficit hídrico (CONAMA, 2006).

Uno de los eventos que han aumentado su recurrencia en nuestro país son los incendios forestales (CONAF, 2019) que en las últimas décadas han incrementado en frecuencia y severidad, estos han generado a mediano y corto plazo la degradación de ecosistemas naturales, ciclos de nutrientes y propagación de gases

de invernadero, como también grandes impactos en las actividades productivas, infraestructura, pérdidas de hogares, vidas humanas y de sus bienes materiales. Además de tener otras consecuencias como la polución de material particulado, cambios en el clima, mayor amenaza de remociones en masa e inundaciones. Según datos de la CONAF (2018), en el periodo 1985 – 2016 se registraron 173.291 eventos de incendios forestales a nivel nacional, resultando una superficie quemada de 2.714.054 hectáreas.

En el contexto local, encontramos en la macro zona centro-sur del país las regiones de Maule, Ñuble, Biobío y la Araucanía como aquellas donde más eventos de incendios forestales se han presentado en los últimos tres años. Esta situación ha llevado a organismos gubernamentales e interestatales a tomar mayor participación en la prevención de los siniestros. El Departamento de Protección contra Incendios Forestales de CONAF Biobío el año 2018 tras ver el aumento en la ocurrencia de los eventos de Incendio en la región, desarrolló un programa llamado “Prevención de Incendios Forestales en Zonas de Interfaz” con apoyo financiero de los Gobiernos Regionales y del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR), en este programa se especifica para la reciente Región de Ñuble la necesidad de trabajar en la prevención y mitigación de incendios forestales, debido a su evolución en la última década en sentido de frecuencia y violencia de los eventos. Se presenta a la comuna de Quirihue como entre aquellas en estado crítico debido a sus condiciones climáticas, vegetativas y por la cantidad de superficie quemada en eventos anteriores.

La academia ha enfatizado en que parte de los desastres se han llegado a manifestar debido a la ausencia de políticas públicas de planificación y ordenamiento territorial donde se integre la reducción de riesgo de desastre, donde se proponga intervención en las cuencas, normativas de protección ambiental y de construcción (Alcántara Díaz, 2019; Reszka y Fuentes, 2014). Las normativas de construcción consideran los incendios que ocurren en viviendas, pero no así aquellos eventos que atentan contra la integridad estructural de las viviendas, la

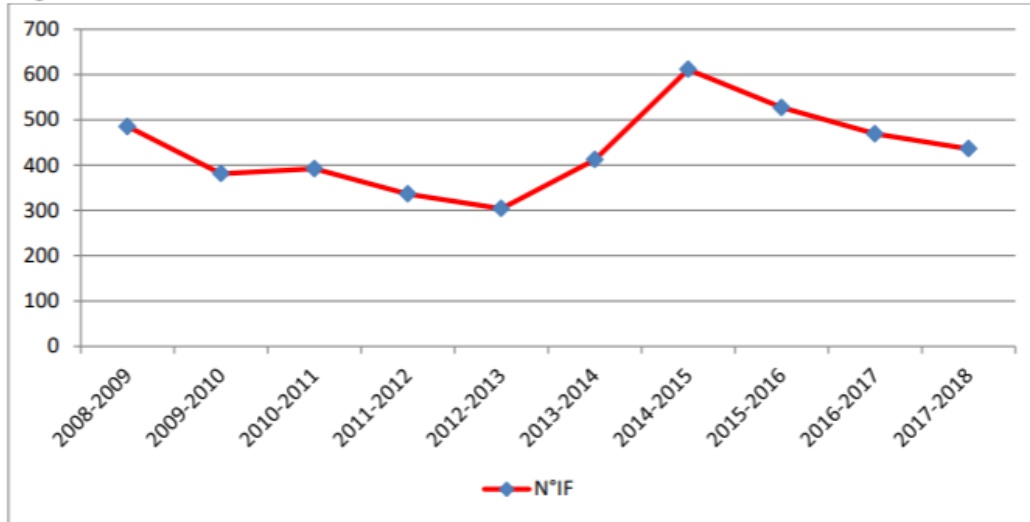
salud y la vida de los habitantes, tampoco se abordan temas como la materialidad de las viviendas como la facilidad de propagación de incendios a viviendas adyacentes, en las zonas de interfaz urbano forestal (IUF) tampoco existe un marco legislativo propio para estas zonas que consideren la vulnerabilidad, resiliencia y vacíos legales sobre la ocupación de estos espacios, de hecho la percepción del riesgo y los criterios de planificación urbanística no consideran el riesgo en las zonas de IUF, debido a que esta suele ser una planificación urbana permisiva que al momento de contraponerse con la gestión del riesgo de incendios, considera a esta última como la solución a la problemática (Román et al., 2020)

1.1 Planteamiento del Problema

La Región de Ñuble ha presentado desde la década pasada una tendencia a comparecer eventos de incendio forestal de mayor violencia que ha ido escalando en el tiempo, según CONAF, 2019. Desde el año 2010 al 2019 se han presentado 891 eventos, lo que significa un incremento de 340 eventos en una década (Figura 1), en el período 2019-2020 se han visto afectadas 2206.53 Hectáreas de superficie en 416 eventos de incendios forestales. La mayoría de estos eventos son originados a partir de actividades humanas; se presentan principalmente en la época estival donde existe una suma de factores como las altas temperaturas, disminución de precipitaciones, bajo contenido de humedad, gran acumulación de vegetación seca, presencia forestal y otros materiales inflamables (Orrego et al, 2020). Esta mayor tendencia a la propagación y severidad a causa de incendios forestales se ha distribuido en mayor parte en la comuna de Quirihue en los últimos años, presentándose siniestros que han consumido 17.588,2 ha desde 2008 al 2019 (CONAF, 2019).

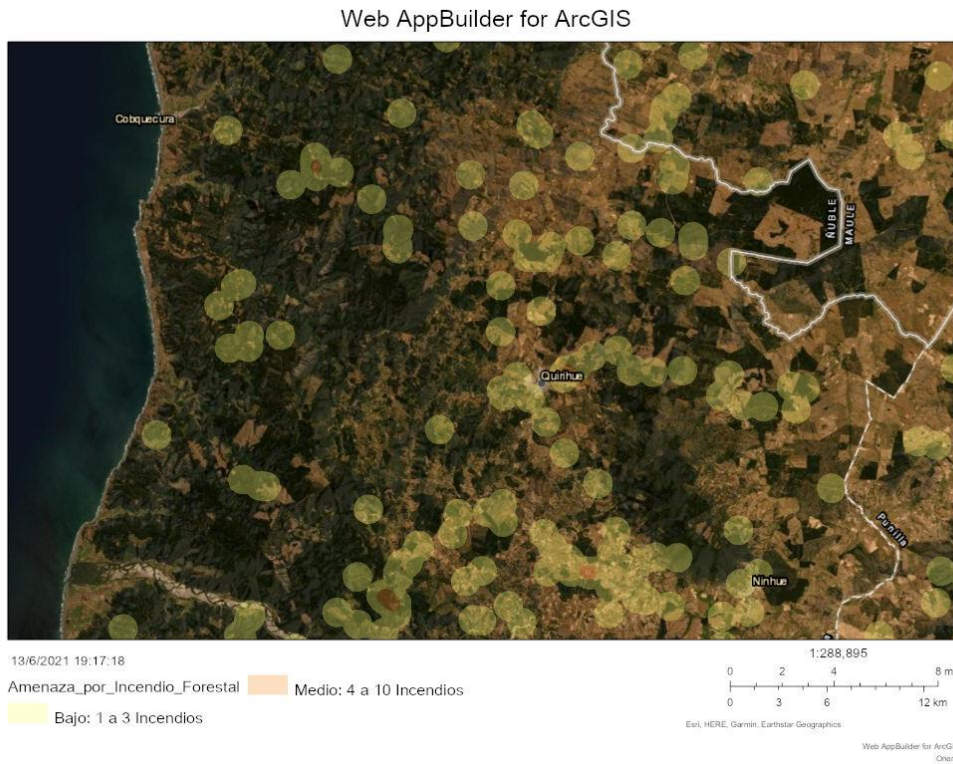
Figura 1. Progresión en el número de incendios forestales en las últimas 10 temporadas en la región de Ñuble

Gráfico 1. Progresión en el número de incendios forestales en las últimas 10 temporadas en la Región de Ñuble



Fuente: CONAF, 2019

Figura 2. Densidad de Incendios Forestales



Fuente: Visor Chile Preparado, ONEMI (2021)

La Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (en adelante, “ONEMI”) en su herramienta de uso civil y gubernamental “Visor Chile Preparado” (Figura N°2) indica distintos focos de densidad media a incendios forestales en la superficie comunal, localizados en superficies que corresponden a bosques y en el interfaz urbano-forestal.

Según el Ministerio de Agricultura, la comunidad de la región de Ñuble no ha sido preparada aún en materias de prevención de incendios forestales y de la permanencia y tiempo de estos eventos. En este marco CONAF, 2019 menciona la necesidad de educar a la población en estas materias, debido a la gran cantidad de quemas de las cuales no se da aviso a las autoridades, esto en posición con el hecho de que esta región posee el segundo mayor índice de ruralidad del país lo que significa que su desarrollo económico está directamente relacionado con la actividad agrícola y forestal, que se pone en jaque al enfrentarse a eventos de incendio. CONAF también indica la falta de programas de comunidades preparadas en la región, que hasta la fecha no han sido realizadas debido a problemas de logística en los sectores rurales de la región y a las indicaciones de las autoridades sanitarias por la circulación del virus SARS-CoV-2.

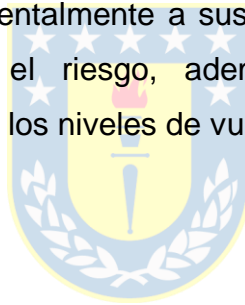
En el Plan Comunal de Emergencia de la Ilustre municipalidad de Quirihue (2021) se menciona como amenaza a los incendios forestales, debido a que la comuna de Quirihue, la capital de la provincia del Itata en la región de Ñuble se caracteriza por un uso de suelo silvícola, que representa el 59% de su superficie de principalmente pinos y eucaliptos (*pinus ayacahuite*, *pinus radiata*, *eucaliptus globulus* y *eucaliptus nitens*), la cual se expande alrededor de sectores urbanos y rurales. (Municipalidad de Quirihue, 2021). En este sentido encontramos a la comuna de Quirihue en un escenario de riesgo de incendios forestales, la amplia superficie de producción forestal, las variaciones climáticas y la incipiente necesidad de preservar la integridad del medio ambiente, población y sus bienes.

1.2. Preguntas de investigación

- ¿Qué tan amenazada por incendios forestales se encuentra la comuna de Quirihue?
- ¿Qué tan vulnerable es la comuna de Quirihue frente a las amenazas de incendio forestal?
- ¿Cuáles son los niveles de resiliencia comunales frente al riesgo?

1.3. Hipótesis

La comuna de Quirihue es especialmente sensible a la ocurrencia de incendios forestales, posee altos niveles de amenaza, vulnerabilidad y una baja resiliencia frente al riesgo, debido fundamentalmente a sus usos de suelo silvícolas más la ausencia de estudios sobre el riesgo, además de presentar condiciones socioeconómicas que aumentan los niveles de vulnerabilidad.



1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo general:

- Evaluar los atributos que configuran el riesgo de desastres frente a incendios forestales en la Comuna de Quirihue, región de Ñuble.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Zonificar la amenaza de incendio forestal en la comuna de Quirihue
- Identificar los niveles de vulnerabilidad socioeconómica en la comuna
- Conocer la capacidad de resiliencia frente a incendios forestales desde el nivel institucional para toda la comuna de Quirihue.

II. Marco Teórico

El riesgo, sus componentes y la gestión del riesgo, son conceptos complejos que a través del tiempo han sido definidos de distintas maneras mientras se realiza investigación, a lo largo de los años su comprensión y análisis ha variado hasta llegar a un consenso relativo en función de las grandes iniciativas sobre el riesgo. Consecuencia de esto, es de vital importancia realizar un marco de referencia sobre aquellos conceptos que se utilizarán en la presente investigación.

En los siguientes apartados se realiza una revisión de la literatura bibliográfica acerca del riesgo, sus componentes (*Amenaza, vulnerabilidad, exposición*), la gestión del riesgo internacional y nacional, desastre, resiliencia, cambio climático y una lectura de aquellos incidentes que han tomado forma y socavado dentro del territorio nacional.



2.1 Riesgo de desastres

El término riesgo “*risk*” tiene dos diferentes significados desde el punto de vista del *Global Assessment Report*, por una parte, es el sinónimo de probabilidad de un efecto potencialmente dañino como también significa la expectativa matemática de que una consecuencia indeseada ocurra (GAR, 2019).

El concepto de riesgo natural, alude a las pérdidas de cualquier tipo que ocurren en un sitio que es vulnerable y expuesto a una amenaza, en el momento de ocurrencia del evento, durante el período de recuperación y reconstrucción consiguiente (Chardon, 2008). El nivel de riesgo que va a presentar una sociedad se relaciona a los niveles de desarrollo en múltiples ámbitos de una sociedad, más la capacidad de modificar los factores de riesgo que pueden potencialmente afectar en el futuro, esto quiere decir que todo riesgo se construye socialmente, aun cuando los eventos se asocian a factores naturales (Cardona, 2001).

Los componentes que conforman al riesgo son amenaza, vulnerabilidad, y resiliencia. Amenaza y vulnerabilidad se encuentran en una situación de mutuo condicionamiento, puesto que la sociedad no puede ser vulnerable si esta no se encuentra bajo amenaza, como tampoco existe amenaza para un elemento si no se encuentra expuesto y en condición de vulnerabilidad ante aquella amenaza, por lo tanto, al intervenir cualquier componente del riesgo, se está interviniendo al riesgo mismo (Ortega, 2019).

Para cuantificar al riesgo la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2012) indica la siguiente ecuación, que pretende representar al riesgo a través de la incorporación de todos los factores que constituyen al riesgo:

$$Riesgo (R) = \left(\frac{Amenaza (A) \times Exposición(E) \times Vulnerabilidad (V)}{Capacidades (C)} \right)$$



Donde según UNESCO, 2012:

Riesgo: la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas (p. 15)

Amenaza: un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (p. 15)

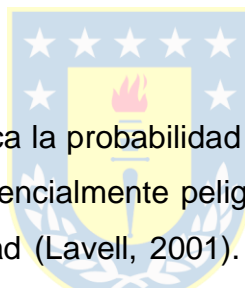
Vulnerabilidad: las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza. Existen diversos aspectos de la vulnerabilidad que surgen de varios factores físicos, sociales, económicos y ambientales (p. 15)

Capacidades: la combinación de todas las fortalezas, los atributos y los recursos disponibles dentro de una comunidad, sociedad u organización que pueden utilizarse para la consecución de los objetivos acordados. Puede incluir la infraestructura y los medios físicos, las instituciones y las habilidades

de afrontamiento de la sociedad, al igual que el conocimiento humano, las destrezas y los atributos colectivos tales como las relaciones sociales, el liderazgo y la gestión (p. 15).

Es muy difícil e improbable lograr niveles de riesgo de cero o nulos, por lo tanto, cuando se realiza gestión del riesgo lo que busca como objetivo final es alcanzar un nivel de riesgo que sea aceptable en sentido de la estabilización y de la relación de costo-beneficio de las medidas de mitigación y el valor previsto del riesgo (Chardón, 2008). El ordenamiento territorial es uno de los mejores instrumentos que disponen las sociedades modernas para visualizar la dimensión espacial de los riesgos, predecir y enfrentar las amenazas, para posteriormente reconstruir la geografía cotidiana de los habitantes (Romero, 2010).

2.1.1 Amenaza



El concepto de amenaza significa la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno o determinado suceso que es potencialmente peligroso, es decir que pueda causar algún tipo de daño a la sociedad (Lavell, 2001). Según UNDRR, 2020, amenaza (Hazard) significa algún fenómeno o suceso que puede causar pérdidas de vidas, lesiones, impactos en la salud, daños a la propiedad, disrupción social y económica o degradación ambiental.

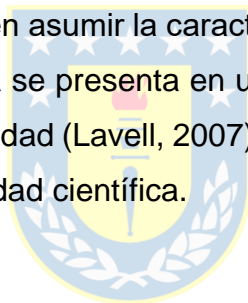
Diferentes autores concluyen en una clasificación de las amenazas (Lavell, 2001; UNDRR, 2020; GAR, 2019) frente a los múltiples orígenes que pueden tener las amenazas, se clasifican en tres tipos, las cuales son:

- **Natural:** Estas amenazas corresponden a las dinámicas propias del planeta tierra, donde los seres humanos no colaboran en su ocurrencia, ni tampoco pueden evitarlas (Lavell, 2001). Ejemplo de esto son las dinámicas geológicas, geomórficas, atmosféricas y oceanográficas, con sus fenómenos asociados conocidos como terremotos, maremotos, remociones en masa y huracanes (UNDRR, 2020).

- **Antropogénicas:** Una amenaza antropogénica es inherente a la acción humana sobre el medio natural o sobre la población (Lavell, 2001). Estas amenazas se materializan como explosiones, derrames de materiales tóxicos, contaminación atmosférica, liberación de agentes biológicos, desastres nucleares, entre otros.

- **Socio-Natural:** Cuando se manifiestan como fenómenos de “carácter natural”, pero la acción humana es la que condiciona la frecuencia de estos fenómenos, o socava de forma negativa en los impactos a través de prácticas humanas sociales. (Lavell, 2001). Ejemplo de esto es la deforestación, la expansión urbana, cambios de usos de suelo, entre otros. Ejemplo de estas amenazas son las inundaciones, deslizamientos de tierra, sequías e incendios.

Las amenazas solamente pueden asumir la característica de “amenaza” cuando su extensión territorial de influencia se presenta en un asentamiento o grupo humano con características de vulnerabilidad (Lavell, 2007). El término amenaza también ha sido tema a tratar por la comunidad científica.



2.1.2 Exposición

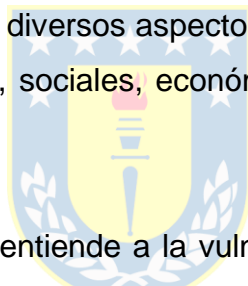
Según GAR, 2011. El término “Exposición” se usa para referirse a la ubicación de seres humanos, y/o bienes económicos dispuestos en zonas propensas a amenazas. Por otra parte, otros autores definen la exposición como el grado en el que alguna unidad de evaluación se encuentra sumido dentro del rango geográfico de alguna amenaza, la exposición se extiende tanto por atributos físicos de la sociedad (infraestructura), como a los sistemas humanos, medios de subsistencia, infraestructuras, economías y culturas especialmente ligadas a prácticas y usos de recursos que también puede verse expuestos; esto significa que la exposición se cuantifica en términos espaciales y temporales (Birkmann *et al.*, 2013).

De no existir exposición de una comunidad, individuos, edificaciones o infraestructura, no se va a presentar un escenario de amenaza ni de vulnerabilidad. La particularidad de la exposición es que no siempre se tiene en cuenta, o es imposible de conocer con anterioridad la porción territorial que abarcará, debido a la naturaleza de algún evento en razón de su magnitud u origen (UNESCO, 2012).

2.1.3 Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es una de las variables que configuran al riesgo, la definición más utilizada en la literatura institucional internacional del riesgo es:

“Vulnerabilidad son las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza. Existen diversos aspectos de la vulnerabilidad que surgen de varios factores físicos, sociales, económicos y ambientales” (UNESCO, 2012; p.15)



En el caso de Chile, la ONEMI entiende a la vulnerabilidad como las condiciones que se generan acorde a procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad de los individuos, comunidades, bienes o sistemas a los efectos de las amenazas (ONEMI, 2016). Definición adoptada que sigue el lineamiento internacional de la reducción el riesgo de los que forma parte Chile.

El concepto de vulnerabilidad consta de múltiples vulnerabilidades que convergen en un principio unificador que es la vulnerabilidad misma, estos múltiples factores que la componen corresponden a distintos ámbitos como lo ecológico, social, territorial, tecnológico, cultural, educativo, físico – natural, territorial, político – institucional y administrativo (Chardon, 2008). A propósito de esto la UNESCO, 2012 menciona los diversos factores que determinan la vulnerabilidad como cuatro los cuales son:

- Los **Factores físicos** como aquellos relacionados a la localización de la población y las infraestructuras en zonas de exposición a amenazas, y a escasa o nula normativa de construcción en zonas de riesgo.
- Los **Factores ambientales** tienen relación con la convivencia del ser humano con el medio ambiente de forma directa e indirecta, esto ejemplificado principalmente como los procesos de urbanización y explotación de los recursos naturales generando presión y transformación del medio ambiente.
- Los **Factores económicos** como la relación entre niveles de ingresos de la población frente al impacto de fenómenos físicos extremos, esto quiere decir que la población con situación de pobreza multidimensional aumenta el riesgo de desastre, a su vez que la riqueza permite ampliar los costes relacionados a la reducción de riesgos.
- Los **Factores sociales** como el grado de cohesión y capacidad de la población de organizarse para enfrentar el riesgo. El escaso conocimiento del riesgo, deficiente institucionalidad, baja cohesión y organización de la sociedad se asocian a la población más vulnerable frente a escenarios de amenaza.

Anteriormente la vulnerabilidad no se concebía de la misma forma ni rigurosidad con la que se trata en el presente, los estudios se enfocaban principalmente en el fenómeno natural expresado como amenaza (UNDRR, 2020), la primera mención de la relevancia de la vulnerabilidad aparece en el Marco de Hyogo y de manera completa en el Marco de Sendai, donde al igual que en la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres 2020-2030 (PNRDD, 2021) se considera una pieza fundamental para la comprensión del riesgo de desastres, debido a que este componente es el que determina la ocurrencia de un desastre. Si existe una

población amenaza y expuesta pero una vulnerabilidad baja, la población no sufrirá los perjuicios de un desastre.

La vulnerabilidad afortunadamente, a diferencia de las amenazas, se puede reducir de manera más eficiente y menos invasiva, es por esto que la vulnerabilidad se convirtió en el principal enfoque que se toma a partir del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, al comprender que las amenazas son difíciles de reducir y es muchas veces un proceso natural que cumple funciones dentro del ecosistema, por lo tanto, es complejo de intervenir (GAR, 2019). La manera que adoptan muchas naciones es la de educar a la población en riesgo, medida que ha servido en gran medida en países con escenarios de multiamenazas (Ben Wisner *et al*, 2003), entendiendo los escenarios de multiamenazas como aquellos en los que se presentan dos o más amenazas de manera continua o simultánea, como es el caso de sequías más incendios forestales, un escenario común en la configuración del riesgo en Chile. (Ortega, 2019).

2.1.4 Resiliencia

Abordando este concepto desde el estudio del riesgo, se entiende a la resiliencia en palabras de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres Naturales como:

La capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas (UNISDR, 2015: 9).

Por otra parte, resiliencia se configura en base a dos componentes principales, la adaptación y el afrontamiento, la adaptación corresponde a la capacidad de un sistema, comunidad o individuo de desarrollarse en un entorno diferente del ideal u original en el cual se habitaba; el afrontamiento por su parte, corresponde al

conjunto de acciones del “Aquí y ahora” que pueden realizar las comunidades en riesgo (Birkmann *et al*, 2013).

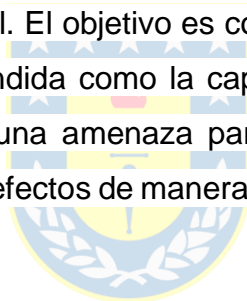
Es preciso afirmar que la resiliencia abarca más allá de resistencia (entendida como la capacidad de resistir un evento), la definición conceptual desde su acepción originaria que viene de la física de los materiales se define como “la capacidad de un material elástico que recibe un impacto, para absorber y almacenar energía de deformación, sin llegar a romperse, recuperando su forma y estructura originales” (Méndez, 2011), por lo tanto cuando se traslada a nuestro escenario supone la reconstrucción de una nueva estabilidad de orden tras una ruptura en la estabilidad anterior a causa de un fenómeno natural.

A propósito de medir la resiliencia de una comunidad o sistema, Tierney & Bruncau, 2007, indican que una comunidad es resiliente cuando cumple con 4 atributos, los cuales son:

- **Robustez:** Entendido como la capacidad de resistir las fuerzas del desastre sin dejar una degradación significativa o pérdida del funcionamiento normal de emergencia.
- **Redundancia:** Es la medida en la que los sistemas y elementos del sistema son sustituibles, para satisfacer los requisitos necesarios para evitar una degradación significativa o pérdidas mayores.
- **Iniciativa e Ingenio:** Como la habilidad para diagnosticar y priorizar los problemas que requieran solución, movilizandolos materiales, recursos humanos, monetarios, informativos y tecnológicos
- **Rapidez:** La capacidad de restaurar la funcionalidad de manera rápida y eficaz para contener las pérdidas y evitar irrupciones.

Hay actos que se realizan desde la educación que fortalecen la resiliencia, en el caso de Japón, Wisner *et al*, 2003. Menciona la resiliencia de la comunidad en el país de Japón, al ser un país expuesto a múltiples amenazas, a los jóvenes desde temprana edad se les educa sobre el riesgo, por lo que saben cómo actuar frente a un fenómeno natural y se les considera para el aporte de la reducción del riesgo en forma de voluntariados y trabajos colaborativos post-desastre por parte de la ciudadanía. Estos actos son aquellos que se incorporan en las primeras entregas de las iniciativas internacionales para la reducción del riesgo de desastre (Estrategia de Yokohama, Marco de Hyogo y Sendai).

Por esta razón, el fortalecimiento de la educación en riesgo queda plasmado en la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres 2020-2030, donde se menciona que fortalecer la resiliencia es una tarea a nivel social, educacional, económico, sanitario y ambiental. El objetivo es construir una sociedad que abraza una cultura de resiliencia, entendida como la capacidad de un sistema, persona, comunidad o país expuesto a una amenaza para anticiparse, resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz (Ortega, 2019).



2.2 Desastre

El concepto de desastre en el contexto de la investigación del riesgo, hace alusión a las pérdidas de vidas humanas, deterioro de la salud, pérdidas materiales a gran escala, generalmente los desastres ocurren a causa de eventos o fenómenos naturales, aunque también existen aquellos desastres asociados a las actividades humanas (GAR, 2015). El desastre también es entendido como la condición social donde el funcionamiento normal de una sociedad ha sido interrumpido de forma abrupta y severa debido a altos niveles de pérdidas de toda índole, daños e impactos sufridos a costa de algún suceso (Birkmann *et al*, 2013).

Las pérdidas de un desastre pueden ser clasificadas en dos según Cardona, 1993. Las pérdidas directas e indirectas, las directas se relacionan con todo aquello que

se ve afectado de primera mano por el fenómeno que desencadenó el desastre, víctimas humanas, daños en infraestructura, edificaciones, industria, comercio y medioambiente. Por otra parte, las pérdidas indirectas son aquellas inherentes a la disrupción del funcionamiento normal de una sociedad como, servicios públicos, medios de información, la alteración del comercio, la pérdida de inversión, baja producción industrial, gastos de rehabilitación y reconstrucción, entre otros.

En este escenario es correcto asimilar que la condición de desastre a causa de algún evento de cualquier tipo, tiene una connotación relacionada a lo social. García, 2005 añade a este planteamiento que la condición de desastre parte de un factor dominante el cual es la vulnerabilidad, aseverando que “los desastres no son naturales” una reflexión que proviene del escrito de Rousseau hacia Voltaire en el cual Rousseau menciona a propósito del terremoto de Lisboa en el año 1755, parafraseando, que si no fuera por la alta vulnerabilidad definida como el hacinamiento, malas condiciones habitacionales y pobreza de los habitantes de Lisboa, los daños habrían sido menores, o casi inexistentes.

Entonces, la construcción social del riesgo de desastres se relaciona con la reproducción de condiciones de vulnerabilidad que van a determinar la magnitud de los efectos que pueden causar las amenazas naturales o antrópicas, por lo tanto, la principal responsable de la materialización de un desastre va a ser la vulnerabilidad (García, 2005). Es por este motivo que la reducción del riesgo de desastres se ha decantado por la reducción de los factores que componen a la vulnerabilidad, además de plantear la necesidad de crear sociedades más resilientes (UNISDR, 2015). Desde otra perspectiva, los desastres también son reveladores, ya que muestran como las sociedades modernas han creado nuevos riesgos (Beck, 2002), A la vez que también logran destacar aquellas vulnerabilidades a las que la población se encontraba sometida (García, 2005).

2.3 Instrumentos para la gestión del riesgo a nivel global.

Actualmente la reducción del riesgo de desastres es una problemática ambiental a escala global, debido a los escenarios de desastres y catástrofes que se registran en cada región y nación del mundo, los cuales han dejado grandes daños, pérdidas materiales, humanas y ambientales (GAR, 2019). En este contexto, la Organización de Naciones Unidas elabora instrumentos que han permitido generar lineamientos para la gestión del riesgo dentro de cada país miembro de la ONU. El primero de estos fue llamado “Estrategia y Plan de Acción de Yokohama para un mundo más seguro”, creado en el año 1994 y anunciado durante la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres Naturales realizada en la ciudad de Yokohama, Japón. Los puntos más esenciales de éste eran la preparación para los eventos de potencial desastre y la mitigación de sus efectos en la población, sin abordar temáticas específicas del riesgo. (UNISDR, 2015).

2.3.1 Marco de Hyogo 2005 – 2015

A finales de milenio, en el año 1998, la Organización de Naciones Unidas crea la Oficina de las Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres (UNISDR), la cual evalúa la estrategia de Yokohama y encuentra puntos a mejorar que van a ser mencionados oficialmente en el año 2005 en la ciudad de Hyogo, Japón, en el marco de la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres, durante este evento se aprueba el “Marco de Acción de Hyogo 2005 – 2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres”. Entre los países que firmaron este acuerdo se encuentra Chile. Todas las naciones acuerdan velar por la reducción de los riesgos de desastre y constituir esta iniciativa como prioridad nacional y local, que se encuentre respaldada de una institucionalidad sólida que identifique, evalúe y vigile los riesgos de desastre. Decantar todo el conocimiento, la educación y la tecnología para generar una cultura resiliente a todo nivel de riesgos (UNISDR, 2005).

2.3.2 Marco de Sendai 2015 – 2030.

Después de diez años, Las naciones muestran un avance sobre la reducción del riesgo de desastres a nivel local, nacional, regional y mundial gracias al Marco de Hyogo, a pesar de este avance, durante los diez años de vigencia los desastres han significado el fallecimiento de 700.000 personas, más de 1.4 millones de heridos y alrededor de 23 millones de personas se han quedado sin hogar como consecuencia de los desastres (UNISDR, 2015). La Oficina de las Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres indica que en todos los países la exposición de las personas y sus bienes ha aumentado de manera desproporcional a la vulnerabilidad de las comunidades, esto ha generado escenarios de nuevos riesgos e incremento constante de las pérdidas relacionadas a desastres. Bajo este contexto se celebra una tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas, con sede en la ciudad de Sendai, Japón, en el año 2015, donde se enseña el “Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015 – 2030” como un compromiso sucesor del Marco de Hyogo. El objetivo del Marco de Sendai es lograr durante su duración, una reducción sustancial del riesgo de desastres y pérdidas materiales y humanas a propósito de los desastres, la gran diferencia de este marco es su apartado sobre la implicación y colaboración de toda la sociedad de forma inclusiva (UNISDR, 2015).

En esta oportunidad, el marco de Sendai estableció 7 metas globales para el 2030. Estas metas son:

- 1) Reducir considerablemente la mortalidad mundial causada por desastres para 2030, y lograr reducir la tasa de mortalidad mundial causada por desastres por cada 100.000 personas en el decenio 2020-2030 respecto del período 2005-2015.
- 2) Reducir considerablemente el número de personas afectadas a nivel mundial para 2030, y lograr reducir el promedio mundial por cada

100.000 personas en el decenio 2020-2030 respecto del período 2005-2015.

- 3) Reducir las pérdidas económicas causadas directamente por los desastres en relación con el producto interno bruto (PIB) mundial para 2030.
- 4) Reducir considerablemente los daños causados por los desastres en las infraestructuras vitales y la interrupción de los servicios básicos, como las instalaciones de salud y educativas, incluso desarrollando su resiliencia para 2030.
- 5) Incrementar considerablemente el número de países que cuentan con estrategias de reducción del riesgo de desastres a nivel nacional y local para 2020.
- 6) Mejorar considerablemente la cooperación internacional para los países en desarrollo mediante un apoyo adecuado y sostenible que complemente las medidas adoptadas a nivel nacional para la aplicación del presente Marco para 2030.
- 7) Incrementar considerablemente la disponibilidad de los sistemas de alerta temprana sobre amenazas múltiples y de la información y las evaluaciones sobre el riesgo de desastres transmitidos a las personas, y el acceso a ellos, para 2030.

(UNISDR, 2015)

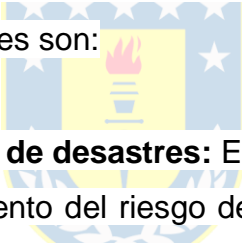
Tras la vinculación que el estado de Chile confirmó al momento de adherirse al marco de Sendai para la reducción de riesgo de desastres, el día 22 de septiembre del año 2020, se promulga el decreto 434, La Política Nacional para el Riesgo de Desastres 2020-2030 (PNRDD) esta constituye un mayor compromiso con lo mencionado en el marco de Hyogo y Sendai sobre el involucramiento prioritario sobre la gestión del riesgo de desastres que deben adoptar los estados.

2.3.3 Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres 2020-2030.

Esta política promulgada el 22 de septiembre del 2020 y publicada el 16 de marzo de 2021 tiene como reto la articulación del estado de Chile a los compromisos internacionales a los cuales se adhirió, es decir al Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres.

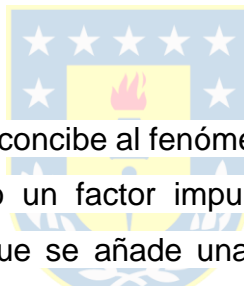
La PNRDD considera a la vulnerabilidad como un factor esencial para la comprensión del riesgo de desastres y a la resiliencia como un componente a fortalecer para crear un país más seguro frente a diversas amenazas.

Esta política cuenta con la facultad de dotar a los municipios con un diagnóstico en torno a cuatro dimensiones: Gobernanza, Ordenamiento Territorial, Caracterización Socio demográfica-económica y Cambio climático – recursos naturales. Además de incluir 5 ejes prioritarios, los cuales son:

- 
- **Comprensión del riesgo de desastres:** Este eje busca impulsar una mejor comprensión y entendimiento del riesgo de desastres en todos los niveles, es decir, estatal, sector privado, sociedad civil, academia y comunidad en general. La finalidad es construir percepción sobre el riesgo, que fomente una cultura de prevención y el auto aseguramiento.
 - **Fortalecer la gobernanza de la GRD:** Este eje busca incorporar la participación activa y co – construcción de las partes involucradas en cada sector amenazado, para brindar una gestión integral y una mejoría en la toma de decisiones.
 - **Planificar e invertir en la RDD para la resiliencia:** Este eje se enfoca en la construcción de la resiliencia a través de iniciativas públicas y privadas que promuevan la prevención y preparación.

- **Proporcionar una respuesta eficiente y eficaz:** Este eje trabaja en la mejoría en eficiencia y eficacia del sistema de respuesta y alerta temprana, para que cumpla con estándares internacionales.
- **Fomentar una recuperación sostenible:** Este eje apunta a impulsar procesos, mecanismos y procedimientos que aseguren que, tras la ocurrencia de un desastre, se logre transformar la condición de riesgo, en una condición de sostenibilidad y resiliencia.

La consideración de estos puntos como ejes prioritarios es la respuesta al compromiso firmado en el marco de Sendai, sobre las 7 metas globales a cumplirse en 2030 y forman parte de la armonía que se busca construir en conjunto al plan de desarrollo sostenible, plan de adaptación al cambio climático y al plan de desarrollo urbano.



En esta oportunidad, el PNRDD concibe al fenómeno del cambio climático como un tipo de amenaza nueva, como un factor impulsor y modelador del riesgo de desastres, es por esta razón que se añade una vinculación del Plan de Acción Nacional para el Cambio Climático 2017-2022 (PANCC) para la detección de los riesgos asociados al cambio climático, más el compromiso mutuo frente a los desafíos nacionales e internacionales.

2.4 Cambio Climático.

Durante los últimos años se ha presenciado una tendencia a la intensificación en frecuencia y severidad de incendios, plagas y sequías en distintas regiones del mundo, producto del cambio climático (Moreno, 2007). El cambio climático es una variación en el sistema climático terrestre, un desbalance entre los términos que configuran a la atmósfera, criósfera, biosfera, litosfera e hidrosfera, este desbalance se atribuye a la actividad humana sobre el medio físico (MMA, 2016).

Este desbalance provoca consecuencias como una diferente oscilación de las temperaturas, oscilaciones en las precipitaciones, eventos climáticos extremos como sequías e inundaciones, pérdida de la biodiversidad, menor disponibilidad de recursos hídricos, daños a la salud producto de cambios en la alimentación, e incluso puede provocar, como la historia evidencia, eventos bélicos armados asociados a las oscilaciones en el clima (MMA, 2016).

La particularidad del cambio climático sobre el estudio del riesgo, es que desafía el conocimiento que se ha adquirido y recopilado a través de los años sobre eventos de amenazas naturales, debido particularmente a la modificación de la frecuencia e intensidad de tales eventos. (Birkmann *et al*, 2013). En materia del riesgo, el cambio climático a juicio de González *et al*, 2011. Ha influenciado en la frecuencia y severidad de múltiples eventos de incendio en el mundo, en Norteamérica se han registrado primaveras inusualmente cálidas, menos precipitaciones invernales, mayor frecuencia de incendios de bosques boreales, en Europa, en los últimos 50 años se han presenciado un claro aumento de casos y extensión de siniestros (Moreno, 2007), todo esto acompañado de un aumento de la tasa de mortalidad (González *et al*, 2011).

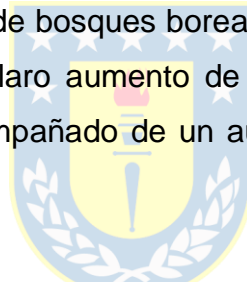
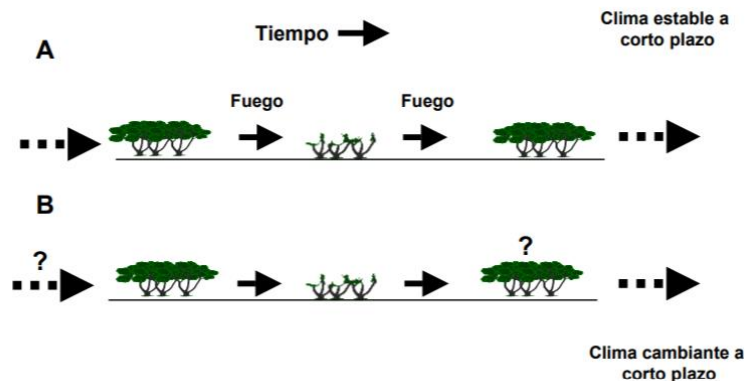


Figura 3. Interacción fuego-vegetación.



Fuente: Moreno, 2007.

El cambio climático deja un escenario de incertidumbre en aquellas zonas del mundo de clima mediterráneo, las cuales frente a este fenómeno han mostrado un patrón en las precipitaciones que muestra sequías recurrentes (Moreno, 2007) un

tipo de condición que favorece a la propagación de los incendios y afecta a la posterior recuperación de las superficies quemadas.

Si bien, los incendios forestales han sido históricamente un evento natural que cumple ciertas funciones en los ecosistemas (Úbeda y Sarricolea, 2016), un clima estable permite la reconstrucción del ecosistema como muestra el ejemplo A (Fig.3), mientras que un escenario B, de cambio climático muestra incertidumbre de la cubierta vegetal debido a que las condiciones climáticas son cambiantes y a menudo hostiles frente al crecimiento vegetativo (Moreno, 2007).

Según distintos autores (PNRDD, 2020; González et al, 2011; MMA, 2016) el cambio climático se ha manifestado en Chile como eventos naturales de mayor frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos, hidrometeorológicos, climáticos extremos y socio-naturales (Incendios forestales e inundaciones). Asociado al cambio climático se esperan desplazamientos de población producto de pérdidas de territorios por sequía o inundaciones. En el caso de Chile, se prevé que la acción del cambio climático arrastre sequías en el litoral central, generándose así una mayor masa de vegetación muerta con la particularidad de ser fácilmente inflamable, sumado a la previsión de altas temperaturas estivales conforme al paso de los años (CONAMA, 2006; MMA, 2016). Conforme al aumento de las temperaturas, González et al, 2011. Indica que se prevé una disminución acentuada en las precipitaciones en todo el país, sumado a un aumento en la recurrencia de sequías, que pondrían a las regiones con mayor presencia de plantaciones forestales de especies exóticas en una situación crítica frente a la ocurrencia de incendios forestales.

Para combatir la incipiente crisis medio-ambiental, se realiza en el año 1992 la llamada Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMUCC), En el año 1994, se establecen los objetivos los cuales fueron concientizar a los gobiernos internacionales, sentar las bases institucionales para el dialogo entre partes con la finalidad de combatir los efectos del cambio climático y como objetivo

final estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera con la finalidad de evitar interferencias del ser humano en el sistema climático (ONU, 1994).

Chile por su parte, comienza a formar parte del grupo de países miembros, tras reconocer su vulnerabilidad frente la CMNUCC en el año 1999. En este escenario, el estado de Chile ha sido reconocido dentro de los más vulnerables debido a que cumple con la mayoría de los nueve criterios de vulnerabilidad de la CMNUCC, a saber: áreas costeras de baja altura; zonas áridas y semiáridas; zonas de bosques; territorio susceptible a desastres naturales; áreas propensas a sequía y desertificación; zonas urbanas con problemas de contaminación atmosférica; y ecosistemas montañosos (Jadrijevic *et al*, 2015). Las acciones que ha tomado el estado de Chile desde el año 1999, han sido desde la institucionalidad, la implementación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (2008-2012) y el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (2008-2012), (2015), (2017-2022). En este último donde se plantea el objetivo de reducir en un 30% las emisiones de GEI (Gases de efecto Invernadero), implementar un manejo forestal sustentable, generar estrategias de adaptación al cambio climático y reducir el riesgo de desastres (MMA, 2016).

2.5 Incendios forestales

Los incendios forestales son fenómenos típicos de las zonas de clima mediterráneo, que tienen como característica primaveras suaves y lluviosas donde crece la cubierta vegetal, seguido de veranos cálidos y secos que afectan a la cubierta vegetal produciendo material de rápida combustión (McWethy *et al*, 2018). La particularidad de los fenómenos de incendio forestal en el escenario de modernización de las sociedades es su origen, el cual se atribuye en su mayoría a las actividades humanas, tanto por su actividad en los suelos como en su ignición inicial atribuida a descuidos, accidentes o incendios arbitrarios (Moscovich *et al.*, 2014).

De acuerdo a la Corporación Nacional Forestal (CONAF, 2007), un incendio forestal se define conceptualmente como “un fuego que se propaga sin control en terrenos rurales cualquiera sea su origen, que presenta potencial peligro o daño a las personas, la propiedad o el ambiente, a través de vegetación leñosa, arbustiva o herbácea, viva o muerta”. Esta definición puede tener algunas variantes en diferentes lugares, ya que se encuentra en función de las políticas agrícolas y forestales que se apliquen, sin embargo, la mayoría de definiciones presentes en la literatura concluyen en una idea central de “fuegos no programados o controlados que afectan de diversas formas a los terrenos forestales como recurso económico, protector o recreativo” (Moscovich et al., 2014).

Para que la amenaza de incendio forestal ocurra deben existir tres componentes del comportamiento del fuego, la llamada Triada del fuego, la cual se constituye por: Condiciones climáticas y meteorológicas, Topografía, y combustible vegetal. Entendiendo a las características topográficas del territorio como de pendiente o de constante exposición al sol, las condiciones climáticas y meteorológicas como la época estival de baja humedad, sequía y/o altas temperaturas; el combustible como todo aquel material inflamable consumible por la expansión de las llamas (CEIS,2015)

2.6 Incendios forestales en Chile siglo XX y XXI.

Para nuestro país, la presencia de incendios forestales data desde los tiempos coloniales, durante este tiempo se consideraban eventos de serio riesgo, aun así, no se contaba con un sistema de conteos ni investigación sobre estos. A partir de 1964 es cuando oficialmente se sistematiza la información sobre la cantidad de eventos y el daño que provocaron (Úbeda & Sarricolea, 2016). Pero no es hasta el año 1985, donde comienzan a circular por primera vez estadísticas confiables y homogéneas que permiten la investigación de los eventos (Castillo *et al*, 2012). Desde aquel momento se ha visualizado un crecimiento en el número de incendios

forestales, aunque el número de hectáreas permanece relativamente estable a través de los años, los daños no siguen esta lógica (Úbeda y Sarricolea, 2016), así es como se introducen los eventos de los años 2014 y 2017.

Los desastres ocurridos a propósito de los incendios forestales en Chile, a finales del siglo XX y lo recorrido de siglo XXI, se asocian a la producción forestal, condiciones naturales y a la vulnerabilidad de la población (CONAF, 2020) Según datos de la CONAF (2018), entre los años 1985 – 2016 se registraron 173.291 eventos de incendios forestales a escala nacional, resultando una superficie total quemada, de 2.714.054 Hectáreas, cuyo 55,8% de la superficie corresponde al uso forestal de vegetación introducida, es el caso del Pino (*Pinus radiata*) y Eucalipto (*Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*), especies que representan el 97% de la producción maderera del país (CONAF, 2015. en Úbeda & Sarricolea, 2016).

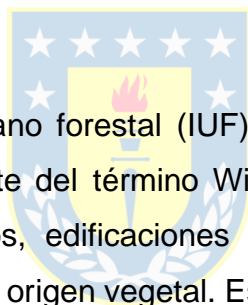
Durante la época estival del año 2014, en Valparaíso, Chile, se presenciaron eventos de incendio que socavaron en fuertes problemáticas sociales, ambientales y económicas para la región de Valparaíso, a partir de esto las autoridades comenzaron a tomar mayores medidas de prevención y concientización de la población (Úbeda y Sarricolea, 2016). El patrón de este desastre es similar a lo que plantea González, 2011, Valparaíso tenía previsto un aumento en las temperaturas, acompañado de sequías (CONAMA, 2006), sumado a una población que habita el interfaz urbano – forestal. Este evento fue revelador sobre las vulnerabilidades que presenta el país frente a los eventos de incendio, saliéndose este de control y dañando a las familias que eran especialmente vulnerables económica y socialmente (Úbeda y Sarricolea, 2016).

En el verano del año 2017, a escala nacional, Chile sufrió los peores eventos de incendios forestales en la historia reciente, se contabilizaron 120 focos de incendios simultáneos distribuidos entre las regiones del Biobío, Maule y O'Higgins. Los incendios se expandieron por un total de casi 467.000 hectáreas de bosque nativo y de plantaciones forestales (Handke, 2019), materializados en múltiples focos que

el personal no pudo contener, lo que culminó con la solicitud de ayuda internacional y de la comunidad. A propósito de los incendios del año 2017, en la comuna de Quirihue, se consumieron 11.488,67 hectáreas de superficie, de las cuales 10.622,49 corresponden a cobertura vegetal. 64,44% corresponde a superficie de plantaciones forestales y 35,55% vegetación natural (CONAF, 2020),

En conclusión, la evidencia de los eventos de incendio ocurridos durante los últimos años, nos ha demostrado una profunda necesidad de tratar el riesgo de incendios forestales en el país (González, 2011), la necesidad de una gobernanza centrada en la acción inmediata y preventiva que se ve imposibilitada por el centralismo de las decisiones que toma CONAF, ONEMI y las intendencias regionales (Jaque *et al*, 2019).

2.7 Interfaz urbano forestal



El concepto interfaz urbano forestal (IUF) proviene de la literatura anglo-estadounidense, específicamente del término Wildland Urban Interface (WUI), el cual alude a los asentamientos, edificaciones y construcciones humanas que interactúan con combustibles de origen vegetal. Este concepto también es utilizado para referirse a las zonas urbanas, o aquellos rurales de reciente ocupación urbana en el último tiempo, que entran en contacto con el terreno forestal, mezclando el ecosistema social-urbano con el natural-forestal (Galiana Martín, 2012).

Se entiende desde la institucionalidad nacional de la gestión del riesgo a incendios, al IUF como terrenos donde las personas, sus viviendas y otras estructuras entran en contacto o se encuentran próximas a vegetación combustible con la capacidad de propagar o iniciar un incendio forestal. La relevancia del interfaz urbano-forestal es la interacción humana con el medio natural-forestal, acciones que a menudo contradicen el funcionamiento de ambos sistemas culminando con eventos siniestros de incendio, como ha sido el caso de eventos relatados anteriormente asociados al IUF (Valparaíso, 2014; Biobío, Maule y O'Higgins, 2017).

A propósito de identificar las zonas de IUF, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) en las entregas periódicas de planes reguladores comunales indica una zona construida y de expansión urbana, esto genera los límites urbanos, sobre este límite urbano se añade 1 km de ancho (buffer), esta área de 1 km a la redonda en las extensiones del límite urbano correspondería a las zonas de IUF (CONAF, 2019) Esta medida ha sido adoptada debido a que, a la fecha no existe una definición legal que cuantifique la distancia del IUF, por lo tanto, la medida que se adopta es una que ha funcionado, siendo respaldada por la CONAF.



III. Metodología

3.1 Enfoque metodológico del estudio.

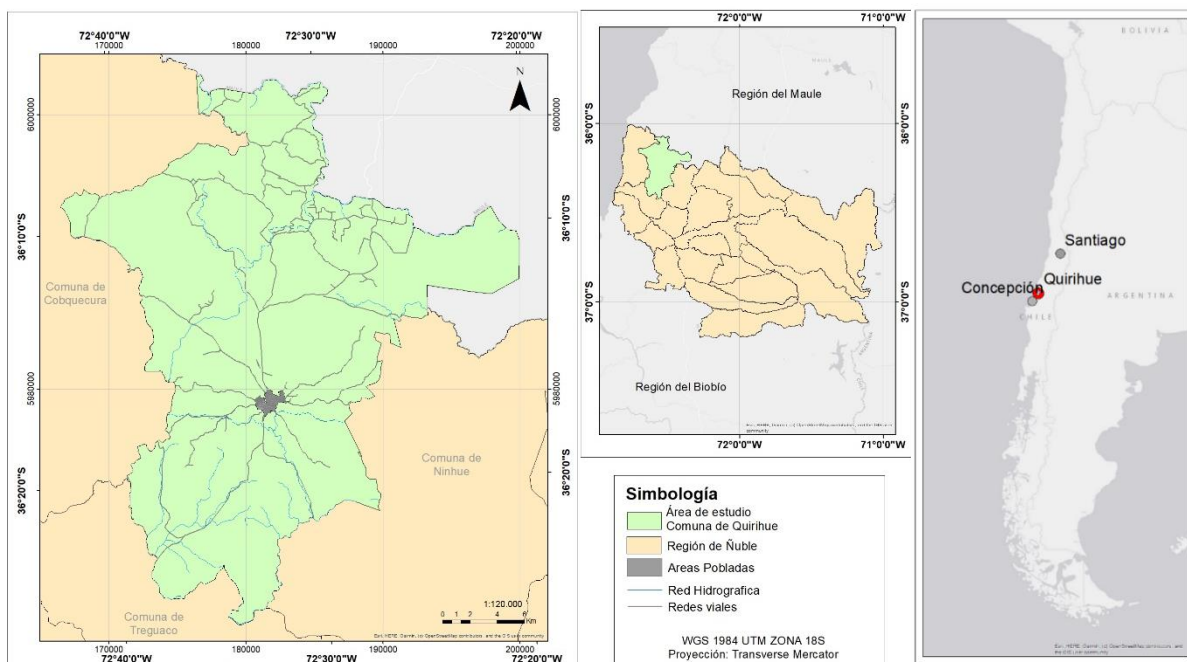
La elaboración de esta investigación comienza con el proceso de revisión bibliografía que nos permite construir un marco conceptual en relación al riesgo, sus factores como amenaza, vulnerabilidad, exposición, basándonos en iniciativas multinacionales y nacionales sobre la reducción del riesgo de desastres. Para el desarrollo del objetivo principal de esta investigación se trabaja con metodologías cuantitativas basadas en el análisis multicriterio en plataformas de Sistemas de Información Geográfica, específicamente Global Earth Mapper, ENVI y ArcGIS 10.8. En donde cada uno de los factores que constituyen criterios de riesgo o amenaza, son espacializados en cartografías temáticas del área de estudio, en este caso de la comuna de Quirihue. Posterior a esto se realiza una investigación cualitativa sobre aquellos parámetros que van a definir alta, media o baja vulnerabilidad global en la población comunal, como también de su resiliencia a nivel de infraestructuras e institucional, datos consultados a través de información abierta, usando como recurso a las encuestas CASEN 2017, Censo 2017 y a los reportes comunales que dan cuenta de la calidad de la gestión para la reducción del riesgo de desastres. Finalmente se lleva a cabo un procesamiento de los resultados consultando a través de ArcGIS 10.8 aquellas zonas de la comuna donde se presenta infraestructura, parcelas, caseríos y/o viviendas expuestas a incendios forestales por cercanía a plantaciones forestales, y por la superposición de la capa de amenaza que indica un alto grado de amenaza.

3.2 Área de estudio.

El área donde desarrollaremos esta investigación aplicada, corresponde a la comuna de Quirihue, localizada en la provincia del Itata, en la región de Ñuble (Figura 4). Esta comuna colinda con las comunas de Cobquecura al oeste, Ninhue al este, Treguaco al sur, y la región del Maule al norte. Quirihue se encuentra a 72 kilómetros de distancia de la capital regional Chillán, a 82 kilómetros al norte de la

ciudad de Concepción y a 398 kilómetros al sur de la capital nacional, Santiago (I. Municipalidad de Quirihue, 2021).

Figura 4. Comuna de Quirihue, región de Ñuble.



Fuente: Elaboración propia en base a IDE.

La comuna en rasgos generales, se caracteriza por el desarrollo de un paisaje de seco, determinado por la existencia de clima templado con una estación seca prolongada, de inviernos lluviosos y veranos calurosos, correspondiente a un tipo de clima mediterráneo de lluvia invernal (Csb en clasificación Köppen-Geiger) (Sarricolea *et al*, 2016). Con una topografía de lomajes, una extensión de suelos de clase VI y VII, déficit hídrico, escasos terrenos llanos, con un 59,2% de la superficie comunal destinada al desarrollo de la actividad silvícola (I. Municipalidad de Quirihue, 2021).

Para el censo del año 2017, la comuna de Quirihue registró una población de 11.594, con una superficie de 589,0 km² resultando en una densidad poblacional de 19,6 hab/km². De la población total se encuentra que un 81,7% habita el medio urbano, mientras que el restante 18,3% habita en zonas rurales. El rango etario predominante en la comuna es entre los 15 y 64 años, el cual representa un 65,3%

de la población, seguido por el de los habitantes de 65 y más, con un 15,9%, finalizando con los menores que 15 años que representan un 18,8%. En cuanto al nivel educacional, se encuentra que un 80% de la población asistió a la educación media, pero solo un 17% ingresó a la educación superior (INE, 2017).

Acerca de la situación socioeconómica de la población de la comuna de Quirihue, Se encuentra que el 18,26% de la población presenta situación de pobreza por ingresos y un 35,3% de los habitantes está en situación de pobreza multidimensional, lo que sitúa a esta región como más pobre en relación de la situación regional y nacional. (CASEN, 2017).

En relación a la gestión de riesgo de desastres, la municipalidad de Quirihue cuenta a partir del año 2020, con un plan integral de reducción del riesgo de desastres y plan específico de emergencia por variable de incendio forestal, realizado bajo el marco de compromisos de Sendai, que surgen ante la necesidad de tratar los incendios forestales tras los eventos de la época estival 2016-2017.

3.4 Métodos y técnicas

Para llevar a cabo la evaluación del riesgo de incendios, se considera la multiplicidad de factores que configuran esta amenaza, se selecciona a propósito de la evaluación de riesgo, una metodología de análisis multicriterio, debido a que esta tiene ventajas frente a un fenómeno que es multidimensional, en el cual se relevan un número amplio de datos, relaciones, criterios y propósitos (usos de suelo, vegetación, topográficas, insolación,) los cuales se encuentran dentro de un problema de evaluación y/o decisión dado en el mundo real (Funtowicz et al., 1998 citado en Ortega, 2019). Para ello se necesita realizar un modelo de amenaza y la consulta de la vulnerabilidad para construir un imaginario del riesgo.

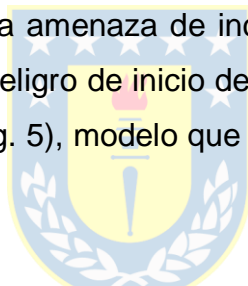
Respecto al modelo de Amenaza propuesto por Etxeberria (2002), se utilizarán técnicas de procesamiento y análisis de imágenes satelitales, en combinación de bandas que permiten la visualización del índice de vegetación de diferencia

normalizada (NDVI) e índice infrarrojo de diferencia normalizada (NDII). En cuanto al modelo de vulnerabilidad, se realizará a través de la consulta de datos de libre acceso, estableciendo parámetros según vulnerabilidades.

Para la evaluación de la vulnerabilidad se utilizan parámetros utilizados para la evaluación de la vulnerabilidad (Ortega, 2019) Esto significa la implementación de una matriz que permite a través de parámetros de similar peso. La sumatoria de los resultados se utilizan en la matriz, para medir la vulnerabilidad en jerarquías alto, medio y bajo correspondiendo al valor asignado a través de los rangos que presenta la matriz. (Adaptado de Contreras, 2015).

3.5 Modelo de Amenaza ante incendios forestales.

El modelo de identificación de la amenaza de incendios forestales a utilizarse es una adaptación del modelo de peligro de inicio de incendio forestal que propone el autor Etxeberria *et al* (2002) (Fig. 5), modelo que consta de dos variables, con sus subvariables de análisis:



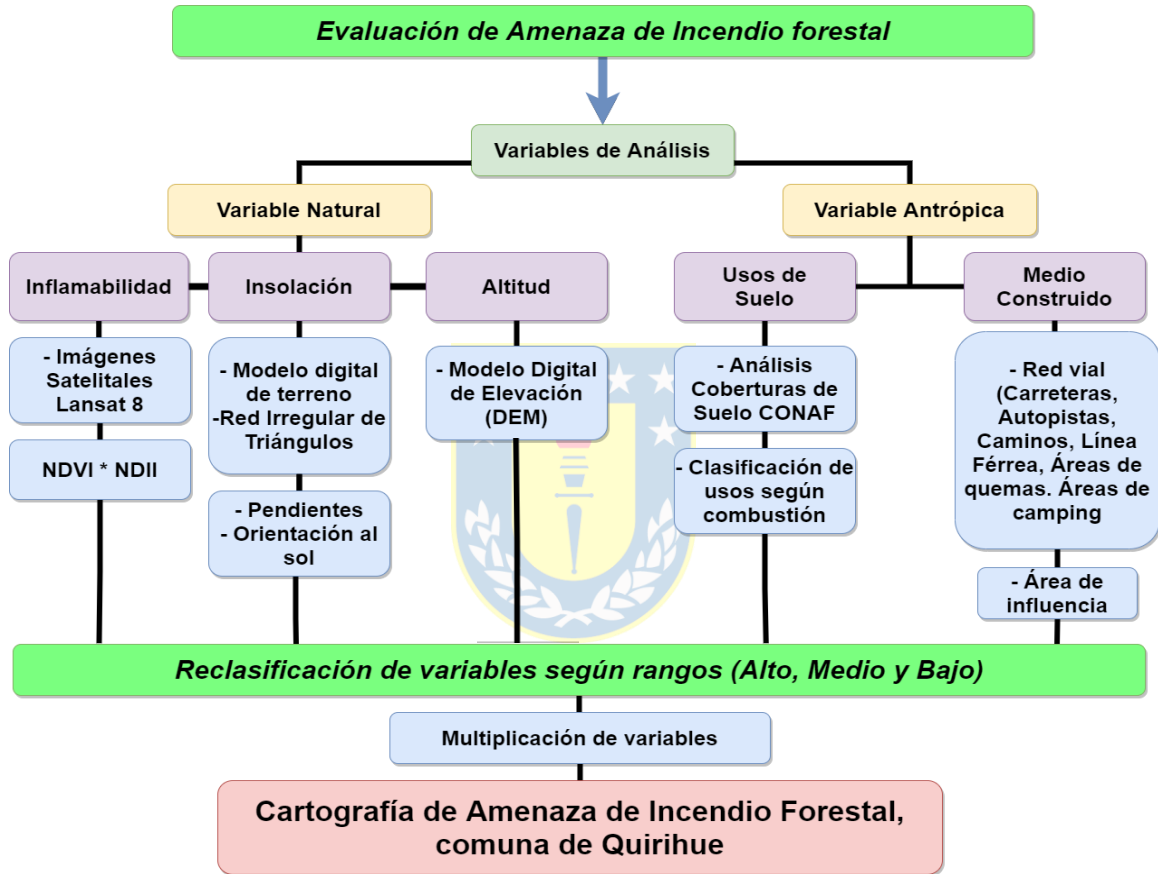
- 1) **Variables Naturales:** esta variable se releva a las características que tiene la comuna a estudiar, sus subvariables abarcan tres elementos principales: inflamabilidad, insolación y altitud.
- 2) **Variables Antrópicas:** esta consta de las prácticas humanas que inciden en la amenaza de incendios, dentro de las subvariables se encuentra el uso de suelo y medios construidos.

Para la obtención de los datos, se efectuará el uso de plataformas gratuitas como USGS Explorer, EOS Landviewer y Global Mapper para la obtención del Modelo Digital de Terreno (MDT), imágenes satelitales Landsat 8 e Información de libre acceso de la Infraestructura de Datos Espaciales de Chile. El primer paso, tras la descarga de las imágenes satelitales Landsat 8, fue el procesamiento para obtener

una imagen más clara y con información precisa, proceso llamado corrección radiométrica que se llevó a cabo gracias a las funciones de ENVI.

A continuación, se realiza una descripción de las subvariables con la finalidad de explicar su importancia y forma de tratar los datos para la realización del modelo de evaluación de amenaza.

Figura 5. Diseño metodológico para el modelo de amenaza de incendio forestal



Fuente: Adaptado de Jaque *et al*, 2019

3.5.1 Variables Naturales (Inflamabilidad, Insolación, Altitud)

a) Inflamabilidad

La inflamabilidad es la capacidad que tiene la vegetación para desencadenar el fuego y favorecer su extensión (Alcaraz, 2012), para obtener el valor de la inflamabilidad se empleará la revisión y análisis de imágenes satelitales Landsat, en la combinación de bandas espectrales denominadas técnicas NDVI (Índice de

Vegetación de Diferencia Normalizada) y NDII (Índice Infrarrojo de Diferencia Normalizada).

Para calcular ambos índices se utilizó el software Envi en su función Band Math introduciendo las siguientes expresiones:

$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED) \quad NDII = (NIR - SWIR)/(NIR + SWIR)$$

Estos índices nos dan cuenta de la distribución de la cubierta vegetal (NDVI) y de la presencia de la humedad presente en la cobertura vegetal, indicando estrés hídrico (EOS Landviewer, s.f).

b) **Insolación**

La insolación determina la facilidad para el inicio y posterior propagación de los incendios (Chuvieco & Aguado, 1998). Como también permite conocer los lugares donde existe una mayor radiación solar durante un período de tiempo (Ruiz *et al*, 2001). A fin de generar el mapa de insolación, se extraerá a través de la plataforma Global Mapper, un Modelo Digital de Elevación (DEM) con el cual se generará un TIN, producto que permitirá visualizar la morfología de la comuna de Quirihue, permitiendo conocer las pendientes y la orientación del sol en el área de estudio.

Posterior a la creación de las capas, se aplica el algoritmo del factor de insolación utilizando las capas de información de pendientes y orientación, esta ecuación es propuesta por Chuvieco, 2008.

Su aplicación se lleva a cabo utilizando la herramienta *Raster Calculator* en el software ArcMap 10.5 ingresando la siguiente expresión:

$$Insolación = \text{Cos}\varphi (1 - \text{Tg}\varphi * \text{Cos}\mu)$$

$$\varphi = \text{Pendiente} \quad \mu = \text{Orientación}$$

c) Altitud

La altitud se conocerá a través del Modelo Digital de Elevación (DEM), teniendo en cuenta que el primer acercamiento a esta variable se conocerá en la generación de las redes irregulares de triángulos (TIN). El DEM se consiguió a través del procesamiento de las imágenes satelitales de la plataforma Global Mapper, que permite descargar y visualizar imágenes con relieve, que posteriormente son utilizadas en ArcGIS 10.8 para conseguir las curvas de nivel, realizado a través de la función Contour, obteniendo curvas cada 100 metros. Con este resultado se realizó la red TIN, con la cual se obtuvo la capa de altitud, la cual se clasificó según su valor de peligrosidad.

3.5.2 Variables Antrópicas (Usos de suelo y medio construido)

Las variables antrópicas a utilizar en la elaboración del mapa de amenazas corresponden a los usos de suelo y al medio construido, para la primera subvariable se utilizará el catastro de usos de suelos que entrega la CONAF disponible a través de la plataforma de datos geospaciales IDE Chile, con lo cual se realizará una clasificación de los usos de suelo acorde a su grado de potencial peligrosidad ante eventos de incendio forestal. Por otra parte, el medio construido se conoce a través de la información disponible de las redes viales, quemas controladas, antenas de alta tensión y depósitos de leña. (Adaptado de Etxeberría *et al*, 2002). La clasificación corresponde a un sistema jerárquico de alto, medio y bajo con valores respectivos de 3, 2 y 1 en función del posterior procesamiento a través de la función "Ráster calculator".

3.6 Cartografía de Amenaza

El posterior trabajo a realizarse tras reconocer las variables y sus magnitudes, es el trabajo de reclasificación de variables según rangos jerárquicos (Alto, Medio y Bajo), seguido de esto la transformación de todas las capas al formato ráster, este paso es necesario para poder realizar la multiplicación de las variables de análisis según peso, utilizando la ecuación de Etxeberria (2002):

$$PI = 4V + 3H + 2I - A$$

Donde:

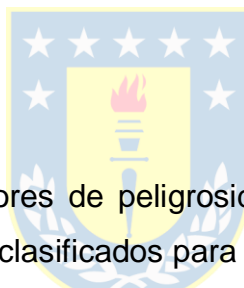
PI = Peligro de Amenaza

V = Vegetación (Inflamabilidad)

H = Usos de suelo y medio construido

I = Insolación

A = Altitud



El resultado corresponde a valores de peligrosidad que van desde el número 8 rangos de peligrosidad que son clasificados para la elaboración de una cartografía temática que representa el peligro de incendio forestal en la comuna de Quirihue.

3.7 Modelo de Evaluación de Vulnerabilidad y Resiliencia frente al riesgo.

Para llevar a cabo un modelo de evaluación de vulnerabilidad ante incendios forestales, se considera un análisis de vulnerabilidad, para este caso una matriz donde todos los componentes son de igual peso (Adaptado de Contreras, 2015), en base a evaluaciones realizadas dentro de la literatura del riesgo en el país (Ortega, 2019; Contreras, 2015; Jaque *et al*, 2019) dentro de la cual se encuentran las vulnerabilidades sociales y económicas. Para identificar estas, se realizó una evaluación de matriz simple, clasificando con puntuaciones del 1 al 3 (Bajo, medio y alto) para cada componente de la vulnerabilidad, justificando bajo los siguientes parámetros:

3.7.1 Vulnerabilidad

- ✓ **Población dependiente:**
 - Alta (Existe alta presencia de población dependiente, igual o mayor al 50%)
 - Media (Existe presencia de población dependiente, entre 50% y 20%)
 - Baja (Existe baja presencia de población dependiente, menor a 20%)

- ✓ **Nivel educacional de la población**
 - Alta (Escolaridad por debajo de los 11 años, educación media incompleta)
 - Media (Escolaridad de 11-13 años, es decir educación obligatoria completa)
 - Baja (Escolaridad por encima de los 13 años, es decir educación superior completa y/o incompleta)

- ✓ **Pobreza multidimensional**
 - Alta (Hogares comunales con 22,5% o más de carencias o privaciones)
 - Media (Hogares comunales entre 5,1% y 22,4% de carencias o privaciones)
 - Baja (Hogares comunales con 5% o menos de carencias o privaciones)

- ✓ **Materialidad de la vivienda**
 - Alta (Existe más de un 30% de viviendas de materialidad recuperable-irrecuperable)
 - Media (Existe menos de un 30% con materialidad irrecuperable-recuperable)
 - Baja (La materialidad recuperable-irrecuperable excede el 15% de las viviendas)

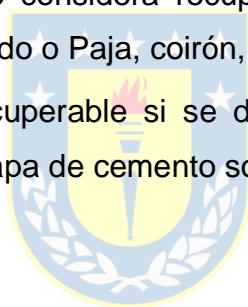
Citando al Instituto nacional de estadística, los índices de materialidad se definen aceptables cuando:

- Las paredes exteriores se consideran si son Hormigón Armado, Albañilería: bloque de cemento, piedra o ladrillo o Tabique forrado por ambas caras (madera o acero).

- La cubierta del techo se considera aceptable si es de tejas o tejuelas de arcilla, metálicas, de cemento, de madera, asfálticas o plásticas; Losa de hormigón, o planchas metálicas de zinc, cobre o fibrocemento (tipo pizarreño).
- El piso se considera aceptable si se declara Parquet, piso flotante, cerámico, madera, alfombra, flexit, cubrepiso u otro similar; sobre radier o vigas de madera.

Recuperable cuando:

- Las paredes exteriores se consideran recuperables si se declara Tabique sin forro interior (madera u otro), o Adobe, barro, quincha, pirca, u otro artesanal tradicional.
- La cubierta del techo se considera recuperable si se declara Fonolita o plancha de fieltro embreado o Paja, coirón, totora o caña.
- El piso se considera recuperable si se declara Radier sin revestimiento, Baldosa de cemento o Capa de cemento sobre tierra.



Irrecuperable cuando:

- Las paredes exteriores se consideran irrecuperables si se declara Materiales precarios (lata, cartón, plástico, etc.).
- La cubierta del techo se considera irrecuperable si se declara Materiales precarios (lata, cartón, plástico, etc.), o Sin cubierta sólida en el techo.
- El piso se considera irrecuperable si se declara Tierra.

Finalmente, para efectuar la evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica frente al riesgo se valora en los siguientes intervalos: 4 a 6pts.= Baja, 7 a 9 pts.= Media, 10 a 12 pts.= Alta

3.7.2 Resiliencia

Conocer este atributo de las comunidades permite reconocer las falencias para estructurar una comunidad resiliente, para esto se utiliza como ideal los aspectos esenciales que indica UNDRR, 2017. Los cuales son gobernabilidad, indicado como la implementación de políticas y jerarquías para el riesgo; Planeación y preparación como la capacidad de anteponerse de buena forma a un evento a través de planes y programas, y por último la respuesta de emergencia ante el desastre.

Adaptación al riesgo de incendios forestales

- Alta (Existen acciones de adaptación al riesgo de incendios forestales)
- Media (Existen acciones de adaptación, pero no para el riesgo de incendios forestales)
- Baja (No existen acciones de adaptación)

Acciones de prevención frente a incendios forestales

- Alta (Existen planes, programas y acciones de respuesta y/o prevención del riesgo de incendios forestales)
- Media (Existen planes, programas o acciones de respuesta y/o prevención, pero no del riesgo de incendios forestales.)
- Baja (No existen acciones de prevención, planes ni programas del riesgo de incendios forestales)

Existencia de funcionarios capacitados en GRRD

- Alta (Existe uno o más funcionarios capacitados en GRRD)
- Media (Existe uno o más funcionarios en la Unidad, pero no capacitados en GRRD)
- Baja (No existen funcionarios en la Unidad)

Plan regulador comunal

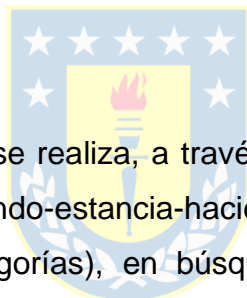
- Alta (Existe PRC vigente).
- Media (PRC en proceso de actualización y/o aprobación).
- Baja (No existe PRC).

Zonificación del riesgo

- Alta (Existe zonificación del riesgo y considera los incendios forestales).
- Media (Existe zonificación del riesgo, pero no considera incendios forestales)
- Baja (No existe zonificación del riesgo)

La resiliencia es catalogada según tres intervalos: Alta (15 a 18 pts.), media (10 a 14pts.) o baja (6 a 9 pts.), dependiendo del resultado de sus valores en la matriz

3.8 Zonificación de la amenaza a incendios forestales, puntos débiles en resiliencia.



La zonificación de la amenaza se realiza, a través de un barrido de cada entidad rural según censo 2017 (Fundo-estancia-hacienda, caseríos, parcela-hijuela, distribución de casas sin categorías), en búsqueda de aquellos conjuntos de edificaciones situados en cercanía de plantaciones forestales y que concentran una serie de factores que aumentan su vulnerabilidad frente a la presencia de incendios forestales, estos son visualizados a través del software ArcMap 10.5.

La zonificación consiste en la superposición de los resultados del modelo de amenaza de Etxeberría *et al*, 2002, frente a aquellas zonas identificadas en el barrido de entidades rurales, entendiéndose hay condiciones que efectúan una mayor susceptibilidad frente a incendios forestales, las cuales son biomasa inflamable, asentamientos humanos y componentes que aumentan la vulnerabilidad frente al desastre como la distancia a servicios de emergencia y la fragilidad del sistema educativo rural. El producto de la indagación y el procesamiento digital de capas culmina con la visualización de estas zonas a través de cartografías temáticas, identificando cada sector por su nombre y una breve descripción de sus componentes.

IV. Resultados

4.1 Evaluación de amenaza de incendios forestales en la comuna de Quirihue.

4.1.1 Variables naturales

A) Inflamabilidad

Entendida como la capacidad de la vegetación en presencia de los mecanismos desencadenes del fuego, para favorecer la extensión del fuego a través de las sustancias inflamables de las especies naturales (Alcáraz, 2012). Es relevante en esta zona en especial por la presencia de cultivos forestales (59,2% de la superficie comunal destinada al rubro forestal). A partir del procesamiento de imágenes satelitales Landsat 8 del 21 de diciembre del año 2021, (USGS, 2020) se consigue el primer acercamiento a conocer de las zonas donde se presenta mayor biomasa. A través de la utilización del software Envi 5.4 se consigue el NDVI (fig. 6.a) y NDII (fig. 6.b), estos índices a través de la normalización de sus valores miden en una escala desde -1 hasta +1, identificando aquellas zonas donde existe vegetación con valores negativos.

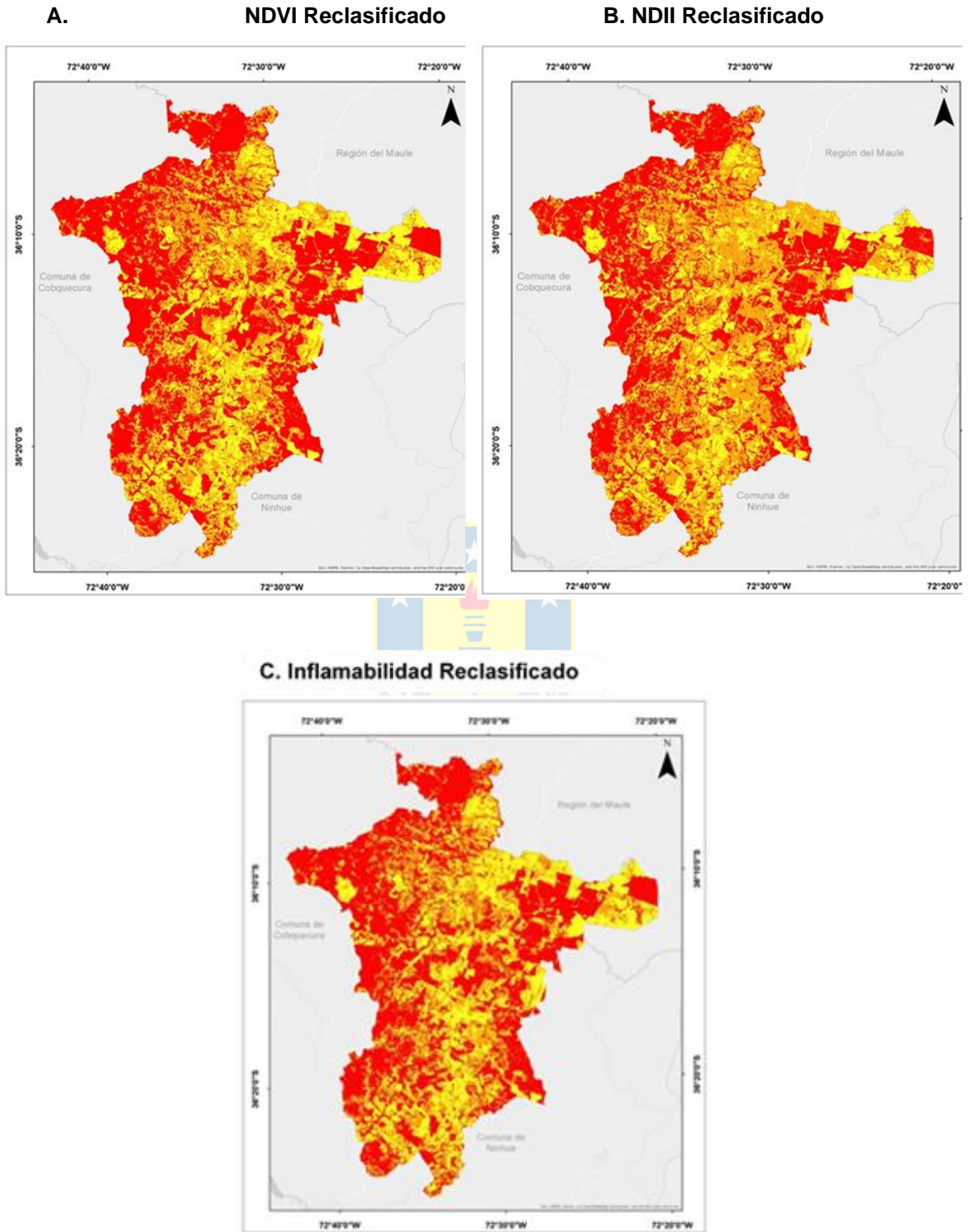
El resultado de ambos índices normalizados se reclasificó (tabla 1) según el valor de peligro tomado de Etxeberria, 2002. Obteniendo una mayor distribución de la vegetación en los relieves correspondientes a la cordillera de la costa (Fig. 6.c y 7)

Tabla 1. Valores de peligro NDVI e NDII.

Valor NDVI	Valor de peligro	Valor NDII	Valor de peligro
-0,3151 - -0,0140	Bajo	-0,2273 – 0,2147	Bajo
-0,0140 - 0,1456	Medio	0,2148 – 0,3263	Medio
0,1457 – 0,4741	Alto	0,3264 – 0,6409	Alto

Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Índice de vegetación normalizada (NDVI) e índice de infrarrojo normalizado (NDII) reclasificado para la comuna de Quirihue.



Fuente: Elaboración propia

Estos valores nos dan cuenta del estado de salud y distribución de la vegetación, considerando los mayores valores a vegetación saludable y de gran distribución por la cubierta de suelo.

El producto de la multiplicación $NDVI * NDII$ nos permite obtener la Inflamabilidad del área de estudio (fig. 6.c) que se reclasifica en tres niveles acorde a la tabla N°2. Este resultado demuestra finalmente el grado de peligro acorde al estrés de la vegetación.

Tabla 2. Valores de inflamabilidad en calculadora ráster

Inflamabilidad	1	2	3
1	1	2	3
2	2	4	6
3	3	6	9

Niveles de inflamabilidad	Valor de peligro
Baja (1 – 2)	1
Media (3 – 4)	2
Alta (6 – 9)	3

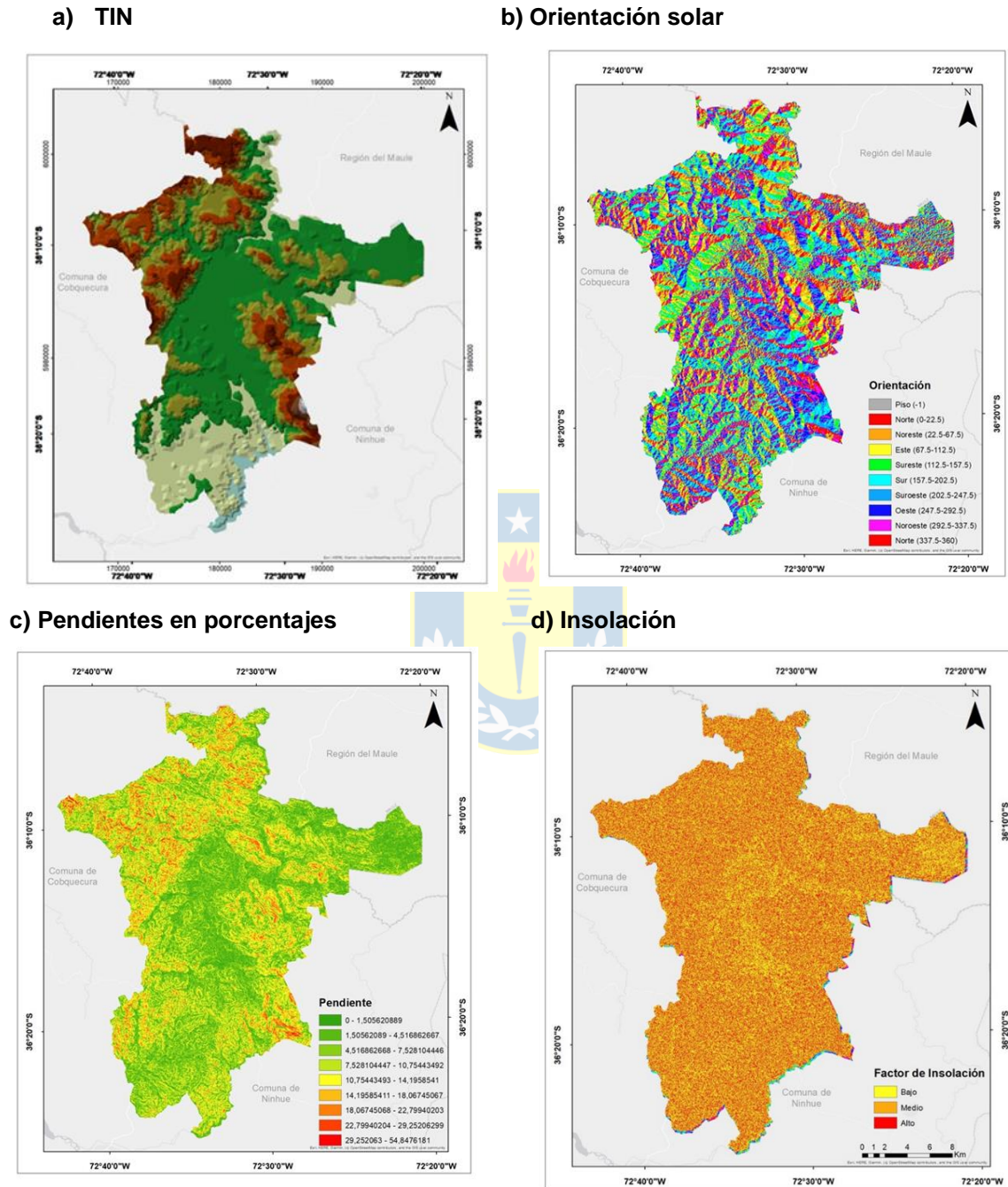
Fuente: Elaboración propia

B) Insolación

Para la realización del TIN (*Triangulated Irregular Network*) se utilizó una imagen DEM (*Digital Elevation Model*) mediante el software *Global Mapper 16*, esta imagen que muestra la morfología del área a consultar (fig. 7.a), permite elaborar las capas de orientación al sol y de pendientes de la comuna de Quirihue necesarias para obtener la cartografía de Insolación. Mediante el software *ArcMap 10.5* en su extensión "*3D analyst*" se utilizan los procesos de "*Slope*" y "*Aspect*", dando como resultado las cartografías de pendientes (Fig. 7.c) y de orientaciones (Fig. 7.b) Tras obtener el TIN se visualizan las principales diferencias en la altura de la comuna de

Quirihue, donde se aprecia la extensión de la cordillera de la costa y la planicie donde se ubica la ciudad de Quirihue.

Figura 7. Factores topográficos



Fuente: Elaboración Propia a partir de imagen satelital extraída de Global Mapper 19.

Los valores de peligro asociados a la insolación se clasificaron de la siguiente forma:

Tabla 3. Factor Insolación, valor peligro

Intervalos factor Insolación	Valor de peligro
Factor < -0.46	1
-0.46 – 0.49	2
>0.49	3

Fuente: Elaboración propia

Este resultado nos indica aquellos lugares en los cuales se recibe mayor energía solar, lo que determinará la facilidad de propagación y/o inicio de un evento de incendio, una mayor insolación está asociada al inicio de incendios y de mayor permanencia en el tiempo (Manríquez *et al*, 1999).

C) Altitud

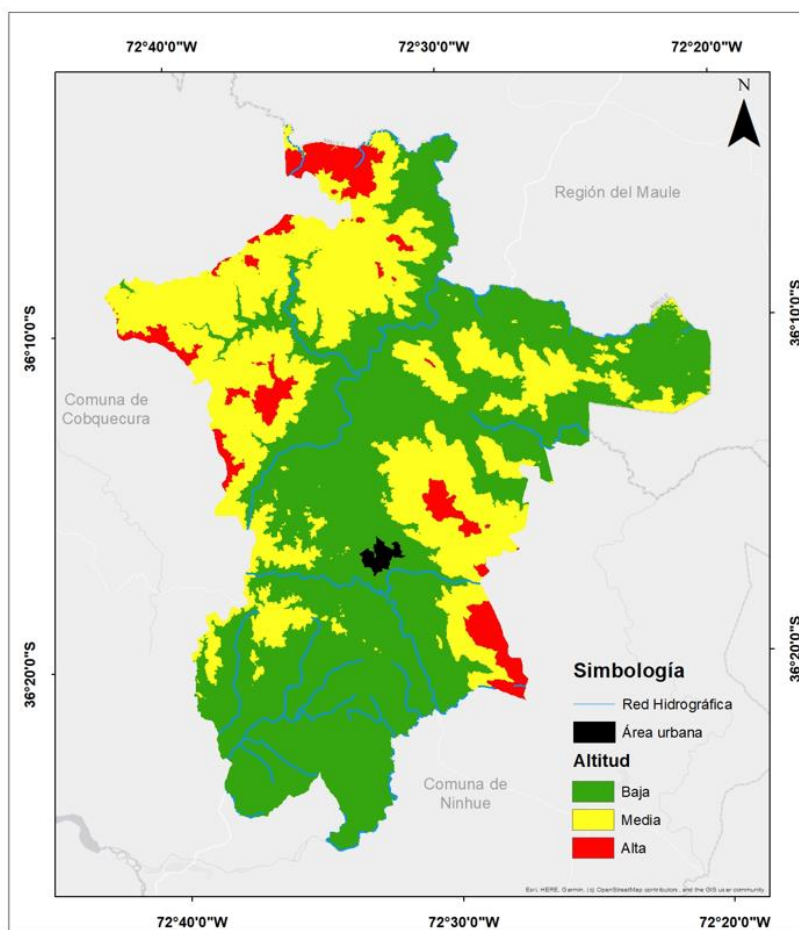
La última variable natural para el cálculo de la amenaza de incendio forestal es la altitud, al reclasificarse se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 4. Intervalos de altitud, valor de peligro

Intervalos de altitud	Valor de peligro
20 – 300	Bajo
301 – 500	Medio
501 – 898	Alto

Fuente: Elaboración Propia

Las mayores altitudes corresponden al relieve de la cordillera de la costa, siendo la mayor cota de la comuna el cerro Coiquén (fig. 8), caracterizado por la presencia de especies forestales exóticas. Por otra parte, la población de la comuna de Quirihue se ubica en los relieves más bajos, donde también se concentran la mayoría de parcelas, caseríos y terrenos agrícolas.

Figura 8. Cartografía altitud, comuna de Quirihue.

Fuente: Elaboración propia en base a la clasificación de TIN

4.1.2 Variables antrópicas

A) Medio Construido

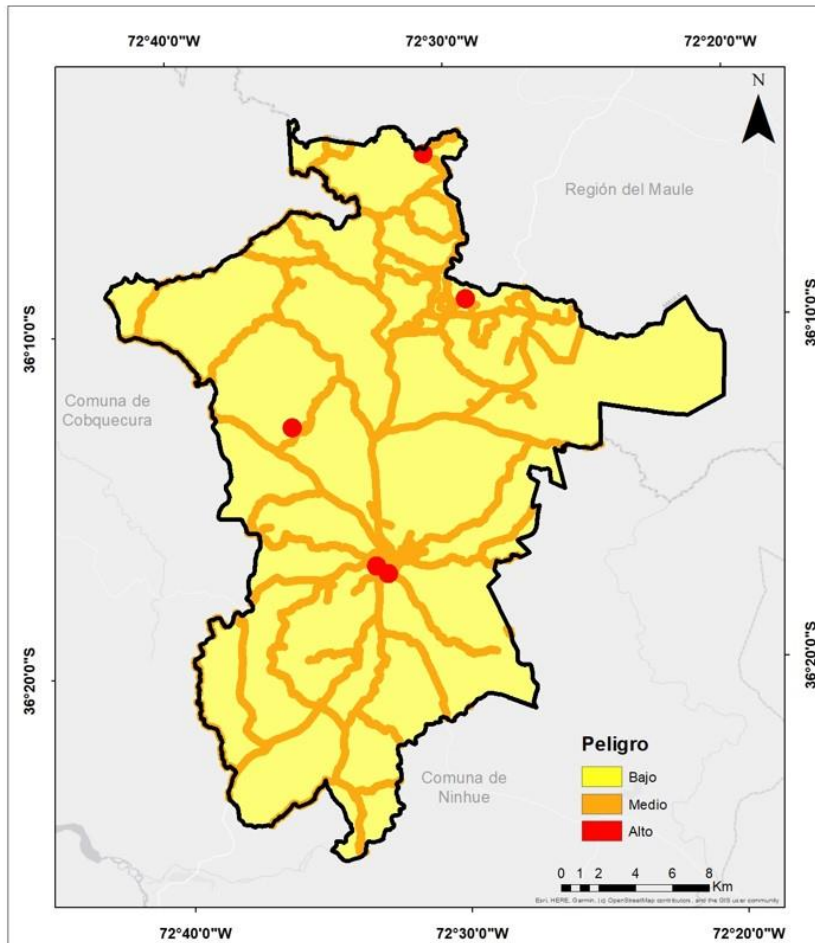
Esta variable considera aquellos elementos que forman parte del territorio comunal, y que muestran relación frente a la iniciación y/o focos de incendio según CONAF, 2018. Estas áreas corresponden a carreteras, caminos rurales, quemas controladas, antenas de alta tensión y depósitos de leña, categorizadas en base a Etxeberría *et al*, (2002). Una comuna de fuerte componente rural nos muestra que la vialidad se relaciona mucho con las actividades productivas. Para revelar adecuadamente estos elementos, se aplicó un buffer que corresponde a 200 metros para los caminos y 500 metros para los campings, antenas y quemas controladas.

Tabla 5. Valor de peligro del medio construido en la comuna de Quirihue.

Elementos antrópicos	Valor de peligro
Áreas de quemas controladas	Bajo
Caminos	Medio
Zonas de camping	Alto
Antenas de alta tensión	Alto
Acopios de leña	Alto

Fuente: Elaboración propia adaptada en base a categorización Etxeberría *et al*, 2002.

Figura 9. Cartografía Medio Construido, comuna de Quirihue.

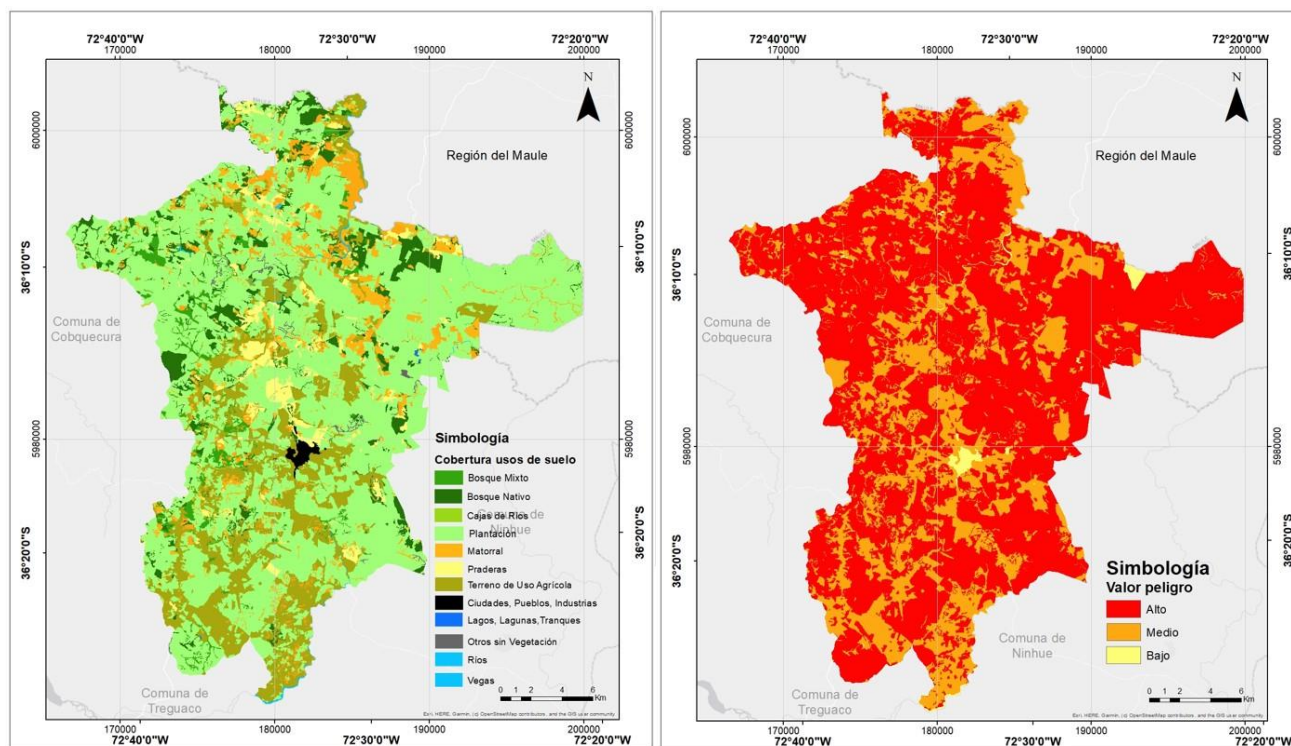


Fuente: Elaboración propia

B) Coberturas uso de suelo

A continuación, se presentan las coberturas de uso de suelo correspondientes al año 2015 y 2019 presentados por la CONAF, reclasificadas según su valor de peligro acorde a la siguiente tabla:

Figura 10. a) Cartografía usos de suelo CONAF y b) Coberturas reclasificadas en base a Etxeberría, 2002.



Fuente: a) Usos de suelo CONAF, 2019 IDE. b) Reclasificación de usos de suelo, elaboración propia.

La clasificación corresponde a la adaptación de la planteada por Etxeberría *et al*, 2002 (Tabla 4). Para la utilización en el suelo nacional. En la fig. 15a se visualiza la distribución de usos de suelo CONAF, 2019 y en la 15.b la reclasificación según peligrosidad en formato ráster

Tabla 6. Clasificación de usos de suelos según valor peligro

Cobertura de suelo	Valor de Peligro
Suelos Desnudos	Bajo
Ríos	Bajo
Vegas	Bajo
Lagos, lagunas, embalses, tranques	Bajo
Terreno cultivado - pradera	Bajo
Pradera	Medio
Bosque nativo	Medio
Matorral pradera	Medio
Matorral arborescente	Medio
Matorrales	Alto
Bosque mixto (Nativos + exóticas)	Alto
Plantación forestal	Alto

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Etxeberria, 2002

4.2 Amenaza de incendios forestales en Quirihue.

Obtenidos los resultados y procesados por la ecuación de Chuvieco en Etxeberria *et al*, 2002, se obtiene la cartografía de amenaza a incendios forestales (Fig.11) de la comuna de Quirihue, categorizando los resultados en rangos según peligro.

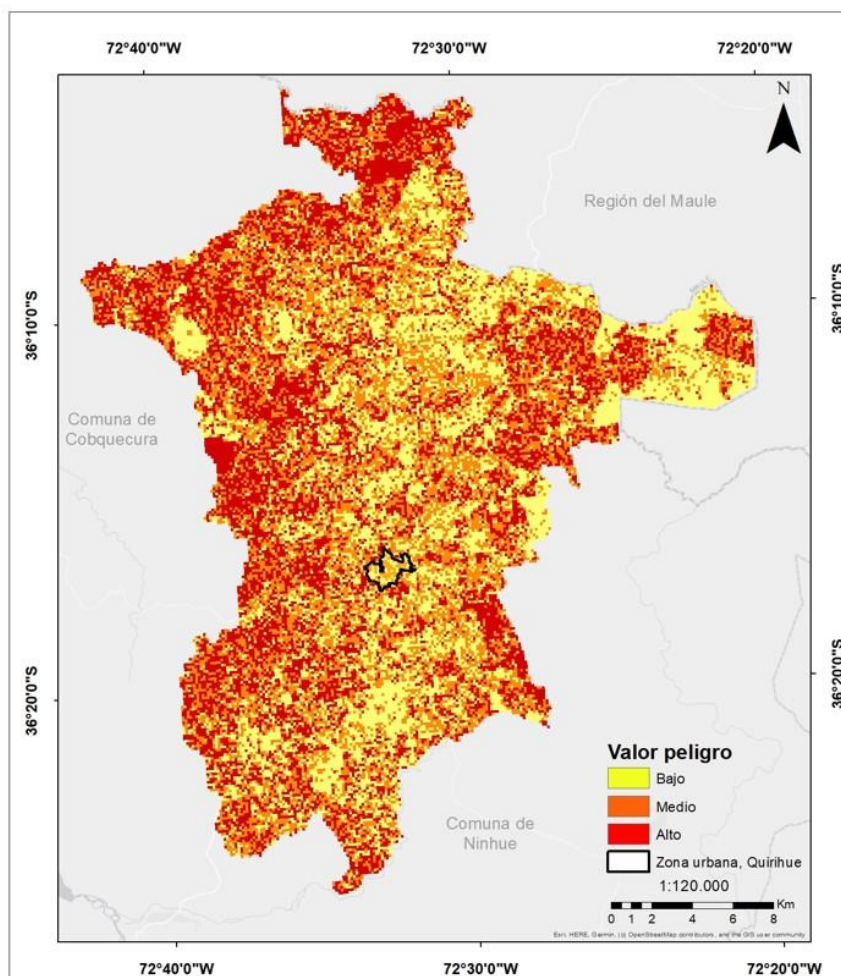
Tabla 7. Rango de valores de peligro de incendio forestal.

Rango de valores de peligro	Valor de peligro
6 - 14	Bajo
15 - 21	Medio
22 - 26	Alto

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados demuestran que un 32% (180 km²) de la comuna presenta un nivel de amenaza bajo, un 38% (226 km²) amenaza media y un 28% (169 km²) a alta amenaza.

Figura 11. Cartografía amenaza de incendio forestal, comuna de Quirihue.



Fuente: Elaboración propia

Visualizándose la acumulación de la amenaza en los sitios donde se presenta mayor pendiente, la cordillera de la costa y la zona llamada cerros de Coiquén, esta última compartida con la comuna de Ninhue. Esta cartografía nos demuestra a su la vez la característica de acumulación de la amenaza en el entorno rural de la comuna, información que se contrasta con la alta presencia de la actividad silvícola.

4.3 Vulnerabilidad frente a incendios forestales en Quirihue.

Para los resultados de vulnerabilidad, se comprende desde un inicio la amplia población rural de la comuna, lo que nos indica una vulnerabilidad principalmente enfocada en la ruralidad de la comuna, esto quiere decir fundos, estancias, haciendas, caseríos, parcelas y sobre todo la cubierta forestal.

4.3.1 Población dependiente

En la comuna de Quirihue, con un universo de población censada de un 81,7% urbano y un 18,3% rural en la realización del censo realizado el año 2017. Se encuentra que (tabla 6) un 15,9% de la población son adultos mayores. 59,5% corresponden al grupo de edad adultos, y un 24,6% de la población corresponde a los niños y adolescentes. Por lo tanto, esta comuna presenta una vulnerabilidad media, ya que el 40.5% de la población presenta población dependiente de adultos.

Tabla 8. Población de Quirihue por rango etario

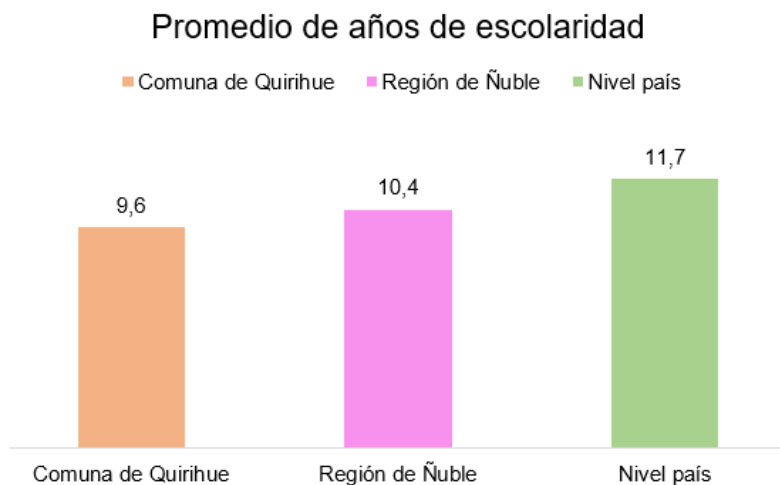
Rango etario	Número de personas
0 a 17	2857
18 a 65	6898
65 o más	1843

Fuente: Elaboración propia a partir de Censo 2017.

4.3.2 Nivel educacional de la población

En cuanto al nivel educacional presente en la población se encuentra que la escolaridad de esta comuna se sitúa por debajo de la media nacional y regional, teniendo 9.6 años de escolaridad (Fig. 12), esto significa que el promedio de la población no ha terminado sus estudios obligatorios, identificándose una alta vulnerabilidad educativa comunal (CASEN, 2020).

Figura 12. Promedio años de escolaridad en la comuna de Quirihue, región de Ñuble y a nivel nacional.

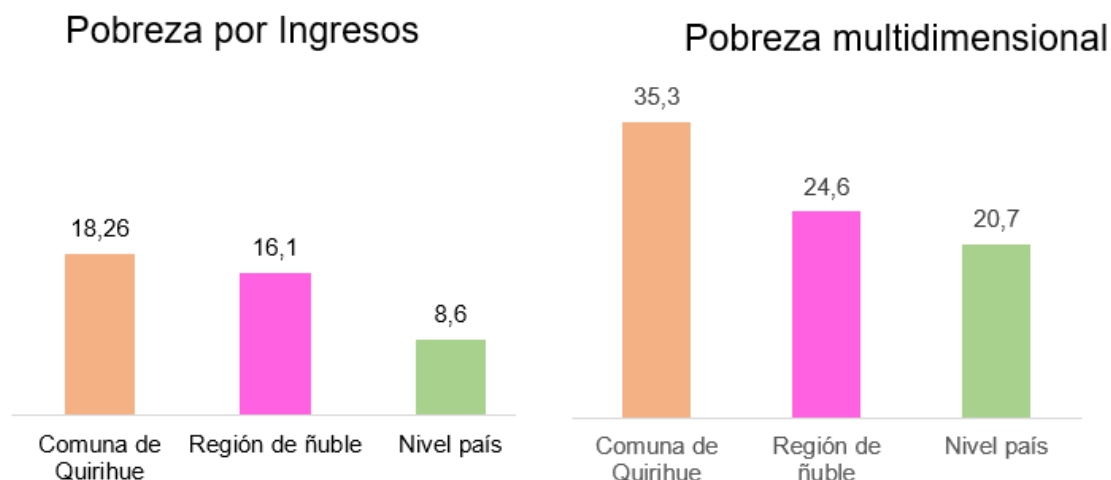


Fuente: Elaboración propia a partir de CASEN, 2020

4.3.3 Pobreza multidimensional

Consultando la entrega de la encuesta CASEN 2017 se encuentra que (Fig. 13): En nivel de pobreza por ingresos la comuna de Quirihue posee un 18,2% de la población, a nivel regional 16,1% y nacional 8,6%. Por otra parte, se encuentra que la tasa de pobreza multidimensional de los hogares de la comuna de Quirihue es de 35,3% lo que sitúa a esta comuna por encima de la media regional (24,6%) y nacional (20,7%). Esto nos indica que existe un nivel de vulnerabilidad alto.

Figura 13. Pobreza por ingresos y multidimensional.



Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta CASEN 2017.

4.3.4 Materialidad de las viviendas

Respecto a las viviendas en la comuna de Quirihue, los índices de materialidad demuestran lo siguiente:

- 72% de las viviendas poseen índice de materialidad aceptable
- 25% de las viviendas poseen índice de materialidad recuperable
- 3% de las viviendas poseen índice de materialidad irrecuperable

Lo que nos indica que la materialidad de las viviendas presenta un nivel de vulnerabilidad medio, teniendo un 28% de las viviendas una materialidad recuperable-irrecuperable.

Siguiendo el planteamiento metodológico, la puntuación de la vulnerabilidad frente al riesgo en esta comuna, considerando parámetros de igual peso es de 10 puntos, situando la vulnerabilidad en un grado alto.

Tabla 9. Matriz de evaluación de vulnerabilidad

Vulnerabilidad	Baja	Media	Alta
Población dependiente			
Nivel educacional de la población			
Pobreza multidimensional			
Materialidad general de las viviendas			

4 a 6pts.= Baja, 7 a 9 pts.= Media, 10 a 12 pts.= Alta

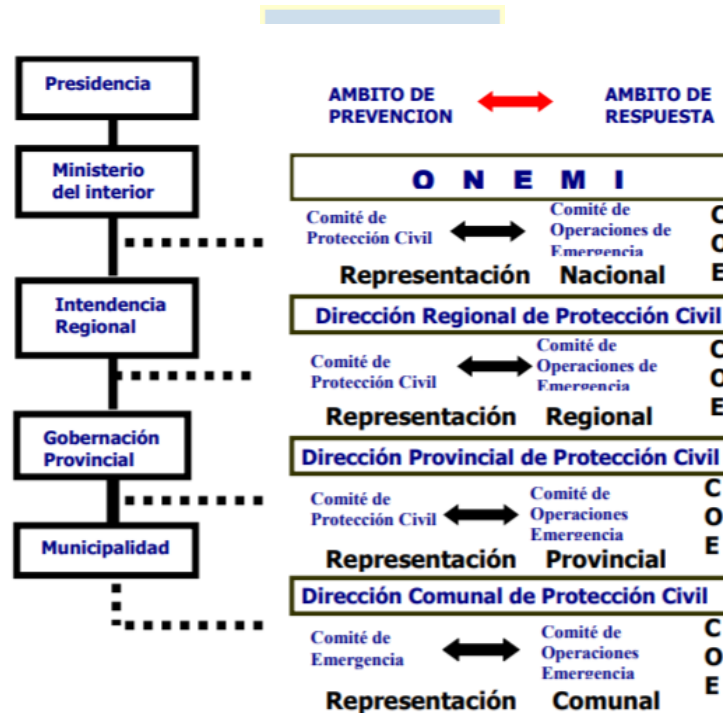
Fuente: Elaboración propia en base a resultados Censo 2017 y CASEN 2020.

4.4 Resiliencia

4.4.1 Adaptación al riesgo de incendios forestales

En la comuna de Quirihue, a cargo de la oficina de protección civil y emergencia en conjunto a ONEMI, existen acciones de adaptación al riesgo en varios ámbitos, uno de ellos es el de incendios forestales, pero se considera de forma ligera, mencionando que estos eventos pueden tomar lugar en la comuna. No se enfatiza en acciones, sino que menciona la necesidad de tomar acciones a futuro frente a riesgos naturales, enfocadas en la emergencia (I. Municipalidad de Quirihue, 2020). En este caso el C.O.E (Centro de operaciones de emergencia) es el responsable de tomar acciones a consideración de lo que dicte la dirección municipal de reducción del Riesgo de Desastres y Adaptación al Cambio Climático (Figura 14).

Figura 14. Organigrama institucional del riesgo



Fuente: ONEMI, 2015

Para este atributo existe iniciativa, pero se encuentra en temprano desarrollo por el organismo institucional nuevo que se está gestando desde la creación de la nueva institucionalidad de la región de Ñuble, Por lo tanto, se considera una resiliencia

media para este componente, debido a la iniciativa de adaptación al riesgo potencial que se ha ido implementando recientemente, pero que aún no se exhibe ni muestra resultados convincentes frente al riesgo.

4.4.2 Acciones de prevención frente a incendios forestales

Para este componente existen acciones y planes que se enfocan en las emergencias de incendios forestales en la comuna, como también existe un plan vecinal del riesgo, aunque estos contemplan a los incendios forestales como eventos de importancia, no se elaboran planes de prevención, dedicándose la gestión enfocada a la respuesta frente a incendios forestales. Todas estas iniciativas reunidas en el Plan Integral de Reducción del Riesgo de desastres y Plan Específico de Emergencia por Variable de Riesgo “Incendio Forestal” (I. Municipalidad de Quirihue, 2020). En este mismo documento se menciona la necesidad de realizar acciones de prevención las cuales tienen plazos a realizarse a futuro.

Por otra parte, las acciones de prevención comunales frente a las plantaciones forestales están a cargo de CONAF, a través del Sistema de Información Digital para Control de Operaciones (SIDCO), el cual se encarga de articular acciones de limpieza frente a incendios forestales (ONEMI, 2015).

Para este componente entonces, se considera una resiliencia media, debido a la existencia de planes, programas y acciones de prevención y respuesta pero que son de reciente aplicación y que no se han implementado aún en la comuna.

4.4.3 Existencia de funcionarios capacitados en GRRD

Dentro de la unidad de protección civil y emergencia de la municipalidad de Quirihue se encuentra un equipo dedicado a la gestión de riesgos, la dirección de protección civil y emergencia, un organismo articulado bajo la tutela de la ONEMI, Bajo esta dirección se encuentran a cargo dos funcionarios que realizan labores de protección civil frente a desastres, sin incluir la prevención (ONEMI, 2015).

Para este componente se considera una resiliencia media, debido a que existen funcionarios destinados a la gestión de reducción de desastres, pero que trabajan en relación a la respuesta, dedicando la prevención únicamente al aseo y ornato. Además de existir funcionarios municipales sin capacitación sobre la reducción del riesgo, limitándose únicamente al apoyo de ONEMI y CONAF.

4.4.4 Plan Regulador Comunal (PRC)

En la comuna de Quirihue, el Plan Regulador Comunal, se encuentra en proceso de actualización, siendo la última actualización legal, la aprobación para el inicio de procedimiento de evaluación ambiental estratégica (EAE) de la actualización del Plan Regulador Comunal De Quirihue (Biblioteca nacional de Chile, 2021. Decreto 1559). Este documento incluye los lineamientos acordados en el marco de Sendai asimilados en la política nacional de riesgos, donde se menciona los siguientes puntos:



- Abordar los riesgos de desastres de origen natural y antrópico, en relación al desarrollo urbano.
- Abordar el impacto del cambio climático en la comuna.
- No generar nuevas condiciones de riesgo de desastres y sostener la reducción del riesgo de desastres.
- Planificación integral del desarrollo y diversificación económica.

Es un programa que tiene grandes expectativas, por lo tanto, se considera para esta investigación una resiliencia media, ya que aún se encuentra bajo actualización, estimando su implementación para el periodo 2023-2024.

4.4.5 Zonificación del riesgo

Existe una “zonificación de la amenaza”, la cual consiste en la visualización comunal a través del visor Chile preparado, considerando las zonas de mayor amenaza como

aquellas en las que se han presentado mayor cantidad de incendios, durante determinadas fechas, lo cual no visualiza el panorama completo más que marcar una tendencia, considerando nula la zonificación de los desastres inesperados.

El plan de emergencia (I. Municipalidad de Quirihue, 2020) admite una escala de prioridades de emergencia donde especifica que lugares son aquellos que se deben proteger, pero no realiza una espacialización de los resultados, indicando las prioridades de protección como aquellas donde se debe acudir en caso de una emergencia, sin contemplar la prevención. Estos lugares son:

- Áreas Forestales próximas a sectores poblados o instalaciones vitales y que puedan significar peligro para la vida humana como también para las áreas silvestres protegidas (parques nacionales, reservas forestales y otras).
- Áreas silvestres protegidas del estado. (Parques Nacionales, Reservas Nacionales, Reservas Forestales, Monumentos Naturales)
- Áreas forestales próximas a sembrados.
- Áreas de bosques naturales y artificiales de: a) Pequeños propietarios. b) Medianos propietarios. c) Grandes propietarios y/o empresas forestales.
- Terreno de uso agrícola y/o ganadero en general.

Existe una iniciativa de microzonificación del riesgo en el 70% de la comuna 2020-2021, donde no se especifica a que riesgos. Esta se llevará a cargo de la municipalidad y gobernación provincial, en conjunto de ONEMI y organismos técnicos

Con estos resultados se elabora la matriz de evaluación de resiliencia, dando como resultado lo siguiente (Figura 10):

Tabla 10. Matriz de evaluación de resiliencia

Resiliencia	Valor de resiliencia
Adaptación al riesgo de incendios forestales	Media
Acciones de prevención frente a incendios forestales	Media
Existencia de funcionarios capacitados en GRRD	Media
Plan regulador comunal	Media
Zonificación del riesgo	Baja
Alta (15 a 18 pts.), media (10 a 14pts.) o baja (6 a 9 pts.),	

Fuente: Elaboración propia a partir de Plan de desarrollo comunal de Quirihue ,2013; Plan regulador comunal Quirihue, 2021; Plan Integral de Reducción del Riesgo de desastres y Plan Específico de Emergencia Quirihue, 2020.

La comuna de Quirihue presenta 9 puntos, lo que representa un valor de resiliencia baja, si bien existen proyectos, planes y compromiso con la gestión del riesgo, estos proyectos todavía no forman parte del conocimiento de la municipalidad y/o todavía no han sido formulados, se espera que esto se lleve a cabo con el tiempo.

Gracias a la implementación de la Política Nacional de Riesgo que ha influido en gran parte en los municipios del país, con los lineamientos de fortalecimiento de la institucionalidad del riesgo, sistema de monitoreo y alerta temprana, de la cultura de la prevención, autocuidado y la capacidad de respuesta se ha logrado en esta comuna la implementación del Plan comunal de emergencia a finales del año 2020, siendo aceptado a inicios del 2021, lo que ha significado un avance en la resiliencia de la comuna, se espera que con el paso del tiempo los proyectos de microzonificación y educación cívica frente al riesgo se realicen y que las vulnerabilidades disminuyan y que las comunidades se vuelvan resilientes.

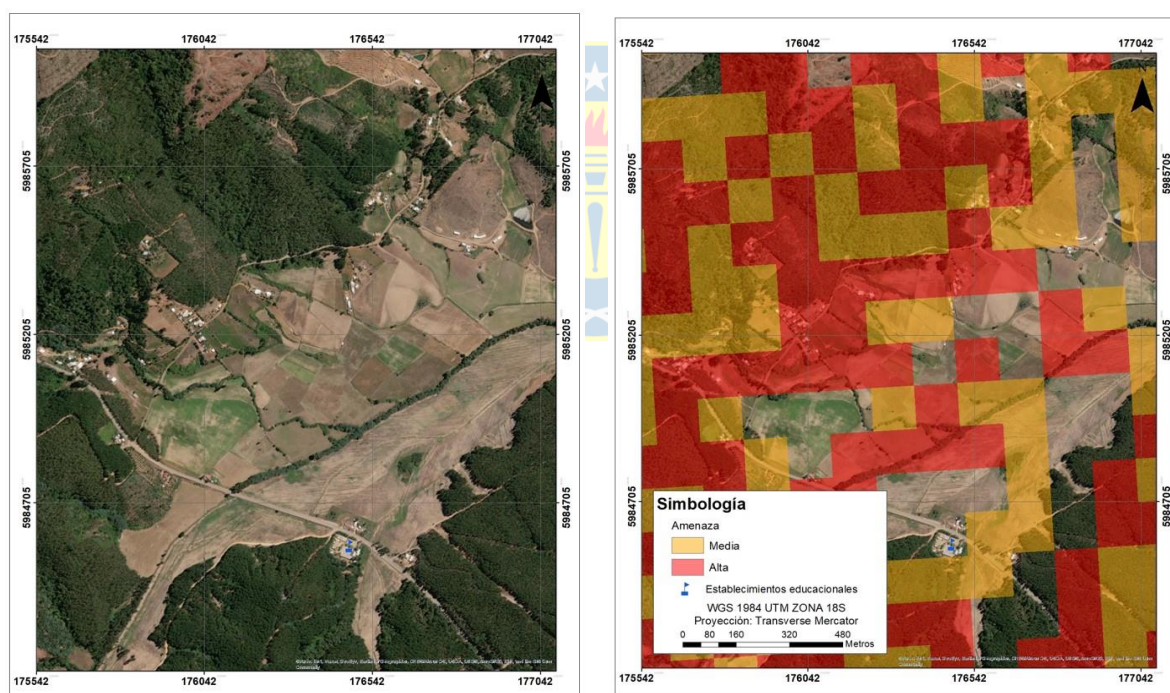
4.5 Puntos débiles en resiliencia en la comuna

A continuación, se presentan las zonas de importancia de gestión en la comuna de Quirihue, en sentido de la relación población rural-urbana con la visualización de la amenaza.

a) Sector Taimo

El sector Taimo (fig. 17), localizado a un aproximado de 20 km camino hacia Cobquecura desde la ciudad de Quirihue, posee una alta amenaza relacionada principalmente al uso de suelo aledaños a los conjuntos de viviendas el cual corresponde al uso de suelo forestal, de especies pino insigne y eucaliptos, además de pendientes medianas.

Figura 15. Sector Taimo, Comuna de Quirihue.



Fuente: Elaboración propia.

- **Viviendas**

Esta entidad rural corresponde a “Parcelas-hijuelas” según el Censo 2017, donde se contabiliza un alrededor de 57 habitantes, 31 viviendas particulares de las cuales 23 presentan moradores presentes, de estas últimas 18 son de materialidad

aceptable y 5 recuperables. El origen del agua de estas viviendas corresponde principalmente a ríos, vertientes y esteros, el suministro público de agua no existe para este sector.

- **Educación**

Dentro del sector se encuentra la escuela básica Santa María, que se encuentra rodeada de plantaciones forestales, pero según el modelo de amenaza se indica una peligrosidad baja para la escuela, con una peligrosidad media en sus alrededores.

- **Infraestructura de respuesta**

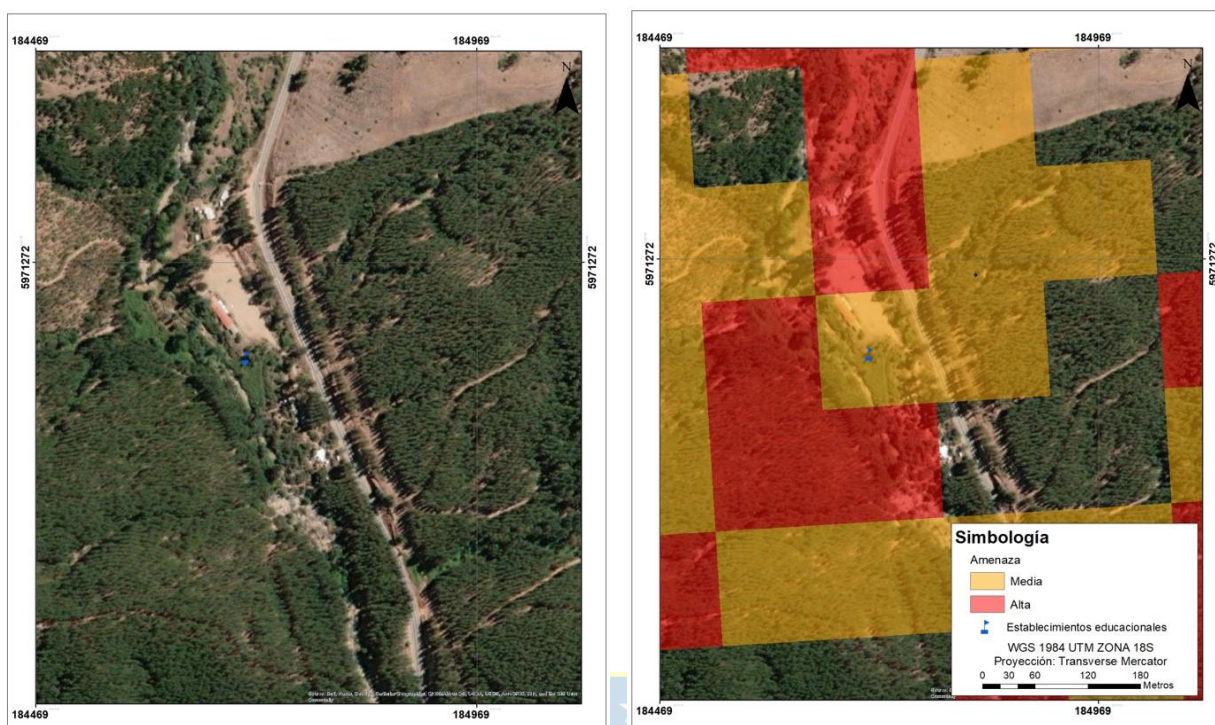
La distancia entre este sector y el centro de salud único de Quirihue es de 20 kilómetros aproximadamente, considerando el tramo de tierra más la autopista se estima un viaje de 27 minutos aproximadamente para arribar al Hospital familiar de Quirihue, de igual forma se estima la misma distancia para la 1° Cia. de Bomberos de Quirihue y la 5ª Comisaria de Quirihue.

Para esta zona, se debe mejorar en base al plan regional de prevención de incendios forestales (CONAF, 2019), la conectividad de las redes viales, conectando una respuesta a los incendios con rapidez y efectividad, y una labor de aseo para generar una distancia segura entre plantación forestal y el conjunto de viviendas.

b) Sector Manzanares

Sector manzanares (fig.18) localizada a 10 kilómetros de distancia de la ciudad de Quirihue, corresponde a una entidad rural indeterminada según el censo 2017, posee una amenaza relacionada al uso de suelo forestal en los alrededores, de especies de pino insigne y eucaliptos sumado al estrés hídrico de la zona, no obstante, las pendientes son de poca relevancia, al igual que su factor de insolación lo que configura valores de peligrosidad medios y altos.

Figura 16. Sector Manzanares, Comuna de Quirihue



Fuente: Elaboración propia.

- **Viviendas**

Según los resultados Censo 2017, hay 21 habitantes, 12 viviendas de las cuales 9 son habitadas normalmente, teniendo una población de 21 personas, con un suministro de agua público inexistente, sosteniéndose principalmente de la utilización de camiones aljibe, de las 9 viviendas utilizadas, 4 poseen materialidad aceptable, 4 recuperable y 1 irrecuperable.

- **Educación**

En este sector se encuentra la escuela básica Dr. David Benavente Sepúlveda, que se encuentra expuesta a incendios forestales por la cercanía a plantaciones forestales. Según los datos entregados por el MINEDUC son 20 niños matriculados en esta escuela.

- **Infraestructura de respuesta**

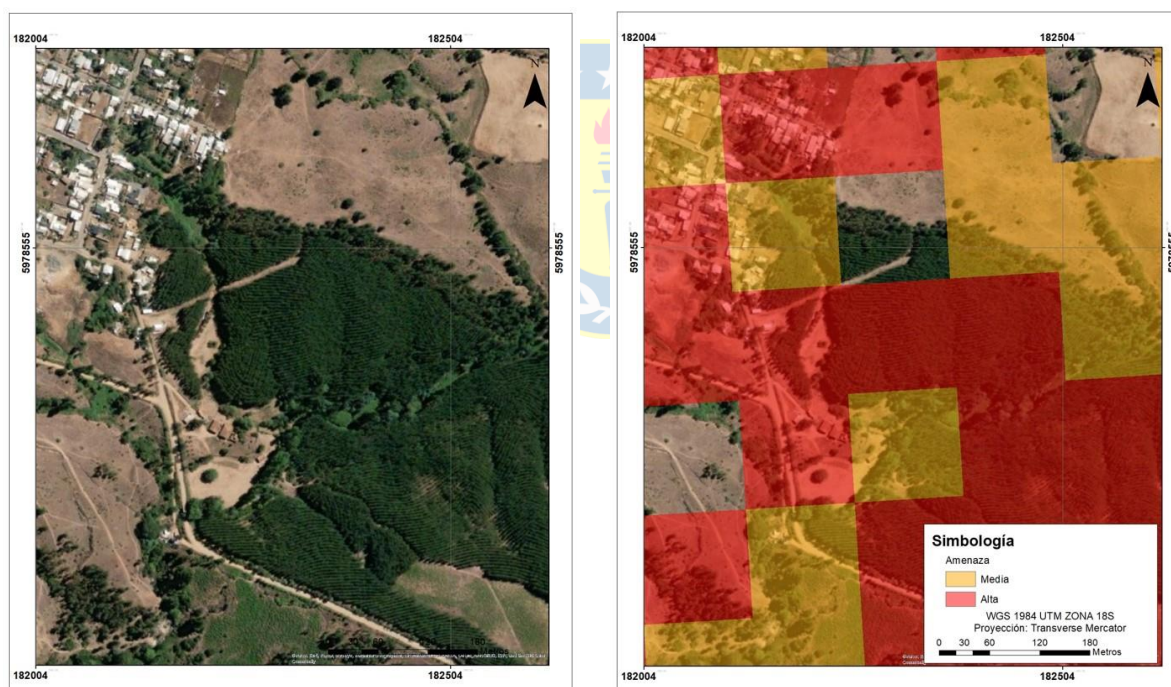
En este sentido, este sector posee una buena respuesta de emergencias, posee una red vial de tipo autopista de buenas condiciones, las distancias entre la

compañía de bomberos de Quirihue, la comisaría y el hospital familiar de Quirihue es de 9 kilómetros aproximadamente, lo que en cálculos de distancia vehicular corresponde a un tramo de 12 minutos, al mismo tiempo el centro de salud familiar de Ninhue, comuna aledaña, se encuentra a 13 minutos.

c) Sector Suroriente, Ciudad de Quirihue

La figura n°19, identificada por la metodología de buffer (CONAF, 2019), esta zona se consolida como interfaz urbano-forestal de la ciudad de Quirihue, esta zona corresponde a plantaciones forestales de pino insigne, ubicada inmediatamente al lado de viviendas habitacionales, esta zona es de especial relevancia debido a la cantidad de viviendas aledañas.

Figura 17. Sector Interfaz Urbano-Forestal, Ciudad de Quirihue, Comuna de Quirihue.



Fuente: Elaboración propia.

- **Viviendas**

En esta zona habitan alrededor de 120 personas según el censo por manzanas 2017, en 54 viviendas con moradores activos, de las cuales 39 poseen una materialidad aceptable, 7 recuperable y 8 una materialidad irrecuperable.

- **Infraestructura**

Debido a la cercanía de este sector, este sector posee una buena respuesta frente al riesgo, ubicándose a un kilómetro de distancia del hospital familiar, 350 metros de la compañía de bomberos y a 600 metros de la comisaría.

En general existe una constante en los sectores rurales de la comuna de Quirihue, un difícil acceso vial y una lejanía a los servicios de bomberos y seguridad civil, lo que, en caso de una eventual emergencia de múltiples focos de incendio, necesitará solicitar ayuda a las comunas aledañas que poseen similitudes en la emergencia frente a incendios forestales (Cobquecura, Ninhue, Cauquenes, Trehuaco). En este plano se ve un problema de centralización de la gestión del riesgo, donde se acomodan los recursos en la capital regional Chillán, permeando una disminuida cantidad de recursos para las provincias de Itata y Punilla, a pesar de poseer mayores fragilidades frente al riesgo.

4.6 Propuesta de plan de acción frente a incendios forestales

En sentido de los resultados de esta investigación se puede señalar que, en la comuna de Quirihue hay una gestión del riesgo que se encuentra en proceso de actualización, pero que aún necesita de cambios fundamentales, incorporando nuevas variables y modernizando la entrega de resultados. Considerando la responsabilidad que recae en el municipio e instituciones estatales sobre la reducción del riesgo de desastres, es fundamental el trabajo sobre la reducción de las vulnerabilidades (Cardona, 2001; Birkmann *et al*, 2013) que en esta comuna son altas, no únicamente con el fin de mejorar la gestión del riesgo, sino para mejorar la calidad de vida a nivel comunal y nacional.

Se propone a continuación una serie de medidas que pueden aportar en la gestión del riesgo frente a los incendios forestales

- Actualizar periódicamente la zonificación de amenaza comunal, a través de un mecanismo que permita incluir todo el territorio comunal, no solamente abarcando lo urbano, para conocer el territorio y lograr cohesionar a los territorios rurales en la gestión del riesgo. Esto se puede realizar utilizando el modelo de amenaza de incendios forestales de Etxeberría *et al* 2002 manteniendo una actualización constante de las variables de amenaza sumadas a la elaboración de encuestas de vulnerabilidad.
- Aplicar encuestas rurales y urbanas de responsabilidad municipal, focalizadas en los sectores de riesgo de desastres, enfocadas a la evaluación de la vulnerabilidad, esto facilita espacializar los resultados de la zonificación, obteniendo una visión clara del riesgo que faculte la prevención y/o preparación frente al riesgo. Esto se puede lograr a través de la implementación de aplicaciones móviles y trabajo de campo, el propósito de este punto es aportar a la recolección de datos para la actualización del sistema de riesgos.
- Crear un programa intercomunal de gestión frente a incendios forestales con los municipios de las comunas aledañas de Ninhue y Cobquecura, debido al mutuo apoyo que se puede lograr en la respuesta frente a las emergencias de incendios como en la implementación de un sistema comunitario de prevención y comunicación.
- La educación es un eje prioritario a mejorar en la comuna de Quirihue, debido a su baja escolaridad, por lo tanto, se debe cumplir con la implementación de charlas de concientización y educación sobre el riesgo en todas las escuelas de la comuna, con especial enfoque a aquellas que son rurales, donde se indiquen los números de contacto para emergencias forestales además de una capacitación básica frente al riesgo, entendiendo que la comuna no

solamente es sensible a incendios forestales, sino también a remociones en masa, terremotos e inundaciones

- La microzonificación del riesgo se puede lograr una vez se obtengan ambos datos de amenaza como las encuestas de vulnerabilidad, la superposición de estos datos entrega la visualización del riesgo, esta propuesta se puede implementar para la visualización a través de plataformas interactivas como ArcGIS Online que ofrece soporte para las instituciones del país. Esto no solo como una propuesta de acción comunal, sino también a nivel regional y nacional para emplazar el sistema visor Chile preparado de la ONEMI.
- Robustez y descentralización de la gestión del riesgo, esto a nivel país se puede lograr a través de la asimilación y compromiso de las carreras universitarias relacionadas al riesgo a través de la implicación de los estudiantes y docentes en la reducción del riesgo de desastres.

Estas medidas sirven como guías no únicamente para esta comuna en particular, y no solamente para la gestión del riesgo frente a incendios forestales, son propuestas que son aplicables para la mayoría de los eventos naturales que pueden presentar riesgo para la población.

V. Discusión

En la última década, los eventos de incendio forestal se han incrementado y han sido un tema recurrente en cada período estival con gran cobertura mediática y de énfasis tanto para las autoridades de gobierno como para la sociedad civil, esta relevancia que ha tomado con el tiempo ha contribuido a la mejoría de la reducción del riesgo de desastres, la presente investigación se relaciona a estos acontecimientos, orientándose a una comuna rural de la antigua provincia de Ñuble, reciente región de Ñuble.

En este punto la comuna de Quirihue se destaca por su compromiso con la mejoría de la resiliencia en acciones como la actualización del plan regulador comunal incrementando la participación ciudadana y el enfoque del riesgo y la implementación de planes de gestión del riesgo. Pero aquí se siembra la duda de si esta transformación se lleva a cabo por la obligatoriedad que indica la Política Nacional Para la Gestión de Riesgos de Desastre o por la iniciativa comunal a trabajar la gestión del desastre. No obstante, las medidas que son potencialmente buenas en el discurso a futuro, no son a día de hoy suficientes ni considerables para el combate de los siniestros. Existe una falta de recursos a nivel nacional para la prevención de los eventos de desastre, evidenciados en la nula disponibilidad de recursos interactivos que permitan la visualización del riesgo, sumado a una escasa diversificación de los medios productivos, dedicándose en mayoría según el plan de desarrollo comunal a la silvicultura, cuando existe un desarrollo productivo hortofrutícola, cultivos tradicionales, apicultura y vitivinícola relevante a nivel regional.

Respecto a las zonas de amenaza mencionadas en el punto 8.4, demuestran un patrón recurrente en la comuna de Quirihue, la configuración de conjuntos habitacionales en los alrededores de plantaciones forestales, son estas personas, sus viviendas y bienes principalmente los que se contabilizan en las cifras de daños de CONAF, son estas las cuales terminan siendo afectadas normalmente en los eventos de incendios forestales, por lo tanto es de estricto rigor enfocar las acciones de reducción del riesgo de desastre en estas zonas.

La municipalidad de Quirihue es una comuna que conforme se ve en los resultados ha sido una comuna que ha progresado en la gestión del riesgo de desastres, pero como indica Handke, 2019, los incendios forestales siguen siendo un desafío gubernamental para nuestro país, especialmente en esta comuna donde las condiciones climáticas adversas pronosticadas en CONAMA, 2006, como las sequías recurrentes en la región, y la permanencia del modelo forestal sostienen la posibilidad del desastre.

Como ha sido mencionado en numerosas oportunidades durante la formación profesional de la carrera, el riesgo es un tema pendiente de las sociedades, un desafío para el desarrollo. Durante décadas la comuna de Quirihue ha sido objeto de la producción forestal, que ha impedido en muchos aspectos la diversificación de los medios productivos y de vidas, desplazando a los rubros agrícolas, convirtiéndola en una de las comunas rurales abandonadas, que funciona como conjunto habitacional, con un alto nivel de vulnerabilidad socioeconómico. Por otra parte, retomando la gestión del riesgo, lamentablemente para esta comuna no se han tomado medidas específicas para la prevención de los incendios forestales sumado a condiciones de mejoramiento de las viviendas que no ha prosperado ni se menciona en el plan de desarrollo comunal.

La prevención y mitigación son herramientas pre desastre que deben implementarse para evitar que se materialicen desastres asociados a eventos naturales. Esto consiste en conocer al fenómeno con claridad, para mejorar las acciones a tomar, modificar estructuras para mejorar sus grados de resistencias, potenciar la capacidad de los sistemas geográficos para que entre sociedad exista la instancia de apoyo para contrarrestar efectos negativos como insisten las iniciativas internacionales (Marco de Hyogo, 2005; Sendai, 2015; GAR, 2019). Acerca de las iniciativas internacionales del riesgo, las cuales objetivo plantean la disminución de las vulnerabilidades para mejorar la gestión del riesgo, surge esta reflexión extraída de García, 2005. Realizada por Rousseau en el año 1756:

•“La gran mayoría de nuestros males físicos son obra nuestra. Teniendo el caso de Lisboa hay que considerar que, si no hubiera habido 20 mil casas de 6 ó 7 pisos, y que, si los habitantes de esta gran ciudad hubieran estado mejor y más ligeramente distribuidos, el daño hubiera sido mucho menor y quizás incluso nulo, como si nada hubiera ocurrido”

Indicando así con 200 años de anticipación la importancia de trabajar en las vulnerabilidades.

Una reflexión sobre la entrega y validación de los datos abiertos entregados por las instituciones públicas y privadas, estos son datos valiosos, de gran calidad, pero principalmente difíciles de acceder, por burocracia estatal debido a la solicitud a través de transparencia activa de información como también la pertenencia de estos a manos de instituciones privadas como las de la energía eléctrica quienes no transparentaron su información de red de cableado eléctrico.



VI. Conclusiones

Dentro de esta investigación se evidencian puntos mencionados, en los resultados se aprecia (fig. 11) gran parte de la comuna de Quirihue bajo amenaza de incendios forestales, esta se distribuye principalmente por las zonas altas de la comuna, donde priman suelos de clase VI y VII respectivamente, suelos de bajo nivel productivo que terminan siendo utilizados para la producción forestal, teniendo así un 59,2% de superficie de la comuna cubierto por el uso de suelo silvícola (I. Municipalidad de Quirihue, 2021). Los resultados concluyen que la comuna de Quirihue se encuentra bajo exposición de amenaza a incendios forestales de un 28% (169 km²) de la superficie comunal como un nivel de amenaza alto, un 38% (226 km²) amenaza media y un 32% (180 km²) a una baja amenaza.

Ahora bien cuando esto se analiza en razón de aquellas zonas donde la ocurrencia de incendios se vuelve tendencia, es en las zonas de amenaza media, en los sectores aledaños a plantaciones forestales (CONAF, 2021) indicando así un 60% de la superficie comunal con una amenaza de orden medio-alto. Quirihue se caracteriza por ser una comuna dedicada al rubro forestal, un 59% de su área total está destinada a la producción forestal en forma de bosques de especies exóticas, con algunos bosques mixtos y nativos esporádicos en adición, una insolación de un 33% de la superficie comunal con valores altos y un 26% con valores medios.

Respecto a las vulnerabilidades, se presentan catalogadas como un nivel alto en la matriz (10 puntos de 12), que se explican principalmente por las características rurales y de la inequidad del desarrollo de la comuna frente al nivel regional y nacional. En esta misma línea, la matriz de resiliencia arroja como resultado una baja resiliencia (9 puntos de 18), esto evidencia en la comuna falencias en la gestión del riesgo, la inexistencia de planes adecuados que contemplen los incendios forestales, centralización de la gestión del riesgo a cargo de CONAF y la oficina de protección civil, un plan regulador que no presenta una metodología que caracterice las zonas de riesgo, falencias educativas y de pobreza multidimensional, la comuna se sitúa 4 puntos por debajo del promedio nacional de escolaridad, y 2 puntos por debajo del promedio regional. En este punto es importante destacar que la

reducción de las vulnerabilidades debe ser una labor fundamental en la reducción del riesgo de desastres (Birkmann *et al*, 2013; Wisner *et al*, 2003; Marco de Sendai; 2015) al mismo tiempo que lo es la construcción de sociedades resilientes.

En los puntos débiles en resiliencia en la comuna como el sector Taimo, Manzanares y la zona de interfaz presentan características similares, usos de suelo forestal de pino insigne, que encierran los conjuntos habitacionales. Taimo y Manzanares presentan a diferencia de la zona de interfaz una resiliencia menor debido a la lejanía de los servicios de emergencia, una situación importante a considerar para evitar eventos desastrosos como el de la localidad “El Rosario” en la comuna de Quillón y en el interfaz de Ninhue ocurridos ambos durante los últimos días de diciembre de 2021.

Lo que urge en materia de gestión del riesgo, tanto para esta comuna como a nivel nación, es la constante realización de estudios de riesgo, Chile es un país que presenta diversos eventos naturales que pueden presentarse como potenciales desastres en la población, nuestro mayor recurso frente a este escenario es el conocimiento científico, para prevenir y paliar los efectos adversos de los eventos en la sociedad. Frente a este escenario Chile, un país de incendios forestales recurrentes no invierte lo suficiente para enfrentar los eventos de incendio, según la OCDE estos estándares deberían alcanzar al menos el 5% de las entidades sectoriales, además de que instituciones forestales como CORMA y CONAF, no cuentan con apoyo y educación a las brigadas forestales durante el invierno, porque en esta época no se realizan tareas proyectivas (BCN, 2015).

Finalmente mencionar que, Marco de Sendai, 2015; UNDRR, 2017; GAR, 2019; y la Política nacional de riesgo de desastres, 2021. Convergen en que la escala ideal para tratar los problemas relacionados al riesgo es la escala local, articulando desde las instituciones a los municipios, hasta las comunidades organizadas frente al riesgo, estos últimos que no se han incorporado como actores relevantes dentro de la reducción del riesgo. En síntesis, si se realiza una investigación ardua del riesgo, una planificación integral que contemple a la ciudadanía, una gestión activa del riesgo incorporando el desarrollo de estrategias y planes locales para la reducción

del riesgo más la disminución de las vulnerabilidades, se podrá crear en la comuna de Quirihue y a nivel país una gestión del riesgo óptima y comunidades resilientes.

Analizando a nivel país la implementación del uso de fotogrametría y SIG, no ha sido prolifera, teniendo unos servicios cartográficos gubernamentales desactualizados que su falencia se ha acrecentado en el período de pandemia, además de ser servicios que no implementan innovación. La ONEMI aún utiliza el visor Chile preparado (ONEMI, s.f) siendo que su exactitud frente a la gestión del riesgo es dudable. Además de la implementación de estas técnicas se sugiere la innovación y un mayor despliegue en la elaboración de encuestas socioeconómicas y demográficas, ya que estas son de gran importancia para complementar una visión de la vulnerabilidad que logra la puesta en marcha de un sistema robusto de análisis de las vulnerabilidades y amenazas que permite una visión integral para la reducción del riesgo de desastres como para generar sociedades equitativas y competentes.



7.1 Limitantes

La presente investigación se encontró con limitantes en el desarrollo y obtención de datos, principalmente en aquellos que permiten la generación de indicadores de vulnerabilidad, debido a la inexactitud del universo de las encuestas realizadas en el censo 2017, CASEN 2017 y 2020 , puesto que no son capaces de espacializar los resultados. Aunque el número aplicado de estas sigue el margen de representatividad del país, excluye los resultados de localidades rurales aisladas situadas en el territorio comunal y que viven condicione de aislamiento. Esto también grafica la poca disponibilidad de información que permite realizar el análisis de las vulnerabilidades, no solo en el caso de incendios forestales sino en el espectro completo del riesgo asociado a eventos naturales. Mencionando así la burocracia en la obtención de datos del riesgo y la falta de compromiso de algunas instituciones privadas en la transparencia de sus datos de servicio, como la red de cableado eléctrico.

Esta investigación presentaría una mejoría sustancial con la implementación de una encuesta, ya que permitiría cuadrar las entidades rurales del CENSO 2017, con una entrega de datos de vulnerabilidad fidedigna y espacializada que lograría la visibilidad del riesgo a incendios forestales.



VII. Referencias.

Alcántara Díaz, T. (2019). *La gestión integral del riesgo de incendios en las zonas de interfaz urbano-forestal: El caso del megaincendio de Valparaíso*.

Alcaraz, F. (2012). El factor fuego. Ciudad de Murcia: Geobotánica.

Beck, U. (2002). La sociedad del riesgo, hacia una nueva modernidad.

Birkmann, J., Cardona, O. D., Carreño, M., Barbaat, A., Pelling, M., Schneiderbauer, S., Kienberger, S., Keiler, M., Alexander, D., Zeil, P. & Welle, T. (2013). Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework. *Natural hazards*.

Biblioteca del congreso nacional de Chile (2021). Anula decreto N°1.030 de 2020 y da inicio al procedimiento de evaluación ambiental estratégica de la actualización plan regulador comunal de Quirihue.

Biblioteca del congreso nacional de Chile (2015). Ante proyecto Nueva ONEMI.

Cardona, O. D. (1993). Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Elementos para el ordenamiento y planeación del desarrollo. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina

Cardona, O. D. (2001). Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos. Universitat Politècnica de Catalunya.

Earth Observing System (EOS) Landviewer, s.f.

Ministerio de Desarrollo Social de Chile (2017). Base de datos encuesta CASEN 2017.

Ministerio de Desarrollo Social de Chile (2020). Base de datos encuesta CASEN 2020.

Castillo, M., Garfias, R., Julio, G., González, L., (2012). Análisis de grandes incendios forestales en la vegetación nativa de Chile. *Interciencia*.

Contreras Elgueta, A. (2015). Evaluación de riesgo de desastre asociado a incendios forestales en la comuna de Hualqui: Un aporte a la planificación territorial en el contexto de la implementación de la circular MINVU 269.

Consortio para el servicio de prevención, extinción de incendios, protección civil y salvamento de Guadalajara. CEIS. (2015). Incendios de vegetación. Manual de incendios, Parte 6.

CONAF. (2018). *Incendios forestales en Chile. Estadísticas históricas. Ocurrencia y daño por comuna 1985 a 2016 (comunidades críticas)*.

CONAF (2020). *Ocurrencia y daño por comuna 1985 a 2020*.

CONAF (2021). *Número de incendios forestales y superficie afectada a la fecha*.

CONAMA (Comisión Nacional de Medio Ambiente, CL). 2006. *Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI*.

Chardon, A. C. (2008). Amenaza, vulnerabilidad y sociedades urbanas una visión desde la dimensión institucional. *Gestión y Ambiente*.

Martín, P.; Chuvieco, E. y Aguado, I. (1998). La incidencia de los incendios forestales en España. *Serie geográfica*, 7, 23-36

Etxeberria, P., Brazaola, A., Edeso, J. (2002). Cartografía de peligro de incendios forestales mediante sistemas de información geográfica y modelo de propagación. XIV Congreso internacional de ingeniería gráfica. Santander, España.

Ilustre Municipalidad de Quirihue. (2020). Plan integral de reducción de reducción del riesgo de desastres y plan específico de emergencia por variable de riesgo "incendio forestal" en el marco de compromisos de Sendai, Comuna de Quirihue.

Jadrijevic, M., Santis, G., Muck, K.-P., & Farías, F. (2015). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*. Santiago: Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático.

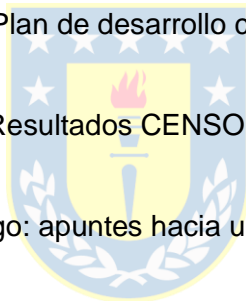
Jaque, E., Castillo, C., Ojeda, C., Díaz, P. (2019). Vulnerabilidad educativa ante incendios forestales en el Área Metropolitana de Concepción. Caso de estudio: Penco, Chile.

Galiana Martín, L. (2012). Las Interfaces Urbano-Forestales: Un nuevo territorio de riesgo en España. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 205-226.

García, V. (2005). El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos.

González, M.E., Lara, A., Urrutia, R., Bosnich, J., 2011. Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33°–42° S).

Ilustre Municipalidad de Quirihue, Protección Civil RDD (2021). Plan comunal de emergencia.

Ilustre Municipalidad de Quirihue. (2021).  Plan de desarrollo comunal

Instituto Nacional de Estadísticas (2017). Resultados CENSO 2017 por país, regiones y comunas.

Lavell, A. (2001). Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición. *Scripta Nova Revista*.

Lavell, A. (2007). Apuntes para una reflexión institucional en países de la Subregión Andina sobre el enfoque de la Gestión del Riesgo. Proyecto de Apoyo a la Prevención de Desastres en La Comunidad Andina–PREDECAN.

Méndez, R. (2011). Ciudades y metáforas: sobre el concepto de resiliencia urbana. Instituto de Economía, Geografía y Demografía Centro de Ciencias Humanas y Sociales CSIC.

Handke, Michael. (2019). The (de-)contextualization of geographical knowledge in forest fire risk management in Chile as a challenge for governance. *Revista de geografía Norte Grande*.

Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal (2019). *“Plan Regional de prevención de incendios forestales, Región de Ñuble”*.

Ministerio del Medio Ambiente (2016). *“Plan de acción nacional de cambio climático 2017-2022”*.

Moscovich, F., Ivandic, F., & Besold, L. (2014). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

McWethy, D., Pauchard, A., García, R., Holz, A., González, M., Veblen, T., Stahl J. & Currey, B. (2018). Landscape drivers of recent fire activity (2001-2017) in south-central Chile. PLOS ONE, 2018, N° 13, e0201195.

ONEMI (s.f) Visor Chile Preparado.

Orrego V., Raul, Campos M., Cristobal y Fuentes B., Marcel (2020) *El clima de la Región de Ñuble: factor determinante para el progreso agrícola*. INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Oficina de las Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres. UNISDR. (2005). Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres. Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres.

Oficina Nacional de Emergencias. ONEMI. (2015). Plan estratégico nacional para la gestión del riesgo de desastres.

Oficina Nacional de Emergencias. ONEMI. (2016). Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, Ministerio del Interior y Seguridad Pública.

Oficina de las Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres. UNISDR. (2015). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres

Organización de las Naciones Unidas. (1994). Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. UNESCO. (2012). Análisis de riesgos de desastres en Chile. VII Plan de acción DIPECHO Sudamérica 2011-2012.

Ortega Moreno, R. (2019) Evaluación del riesgo de incendios forestales para contribuir a su reducción en las comunidades de las diócesis de talca, región del Maule.

Reszka, P., & Fuentes, A. (2014). The Great Valparaiso Fire and Fire Safety Management in Chile. *Fire Technology*, 51, 753-758

Romero, H. (2010). La geografía de los riesgos y catástrofes y algunos de sus aportes para su inclusión en los planes de ordenamiento territorial. *Revista Invi*, vol. 25: 53 – 62.

Román, J., Pérez, M., Fortuño, C. & Ortega, R. (2020). *Síntesis del segundo diálogo sobre el plan de prevención y combate de incendios forestales*.

Sarricolea, P., Herrera-Ossandon, M., Meseguer-Ruiz, Ó. (2016) Climatic regionalisation of continental Chile.



Ruiz, L.A.; Acosta, P.; Fernandez-Sarría, A.; Porres, M.J. y Pardo, J.E. (2001). Mejora de la eficiencia en la segmentación de imágenes por texturas mediante filtros de energía. Proceedings del IX Congreso Nacional de Teledetección Lleida.

Tierney, K & Bruneau, M. (2007). Conceptualizing and measuring resilience. A key to Disaster loss Reduction. TR News, 250.

Úbeda, X., Sarricolea, P. (2016). Wildfires in Chile: A review. *Global and Planetary Change* 146: 152-161.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), (GAR) (2019). Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres. Ginebra (Suiza).

UNDRR. (2020). *Hazard Definition & Classification Review, Technical Report*. Sendai Framework for risk reduction 2015-2030.

UNISDR (2015). El GAR de bolsillo 2015. Hacia el desarrollo sostenible: El futuro de la gestión del riesgo de desastres. Ginebra, Suiza: Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres.

UNISDR (2017). Herramienta de autoevaluación para la resiliencia frente a desastres a nivel local

Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. (2003). At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters.

